ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1911 г. ТОМЪ 12. № 2.

Новыя идеи въ современной физикѣ.

Д. А. Гольдгаммера[1]).

Zwar ist's mit der Gedankenfabrik
Wie mit einem Weber-Meisterstück,
Wo ein Tritt tausend Fäden regt.
Goethe (Faust).

Милостивые Государи!

Въ исторіи всякой науки бываютъ періоды, когда ея прогрессъ идетъ столь бурно, что его справедливо сравниваютъ со взрывомъ. Такую эпоху переживаетъ въ настоящее время физика. Къ концу XIX вѣка въ ней накопился рядъ фактовъ, настоятельно требовавшихъ себѣ объясненія; между тѣмъ, это объясненіе не укладывалось въ рамки тѣхъ представленій, которыя лежали въ основѣ классической физики. И вотъ, на рубежѣ двухъ вѣковъ, возникъ въ нашей наукѣ рядъ новыхъ идей о матеріи и эѳирѣ, пространствѣ и времени, покоѣ и движеніи.

Эти идеи поражаютъ насъ своею смѣлостью: нѣкоторые выводы изъ нихъ на первый взглядъ могутъ показаться прямо абсурдомъ. Между тѣмъ, хотя онѣ и требуютъ еще во многомъ себѣ дальнѣйшаго оправданія въ опытныхъ данныхъ, и сейчасъ уже нельзя сомнѣваться въ томъ, что идеи эти не только вполнѣ жизнеспособны, но и въ высшей степени плодотворны.

Какъ же родились эти новыя идеи, что онѣ даютъ современной физикѣ?

---

[1]) Рѣчь, составленная для торжественнаго собранія Императорскаго Казанскаго Университета 5 ноября 1910 г.

I.

Частички, меньшія атома.

Неуничтожаемость и несозидаемость вещества были своего рода догматомъ мыслящаго человѣчества со временъ первыхъ проблесковъ научной мысли; этотъ догматъ получилъ научную формулировку, брагодаря работамъ основателя современной химіи—Лавуазье. Масса вещества не уничтожается и не созидается, а понятіе „масса“ тѣла еще со временъ Ньютона стало основнымъ понятіемъ въ философіи природы. Но что же такое масса? На это мы не имѣли отвѣта: это—то, что даетъ тѣлу его такъ называемую инерцію, это—какое то таинственное свойство вещества, съ которымъ мы имѣемъ дѣло, напримѣръ, всякій разъ, когда хотимъ вывести тѣло изъ состоянія покоя: это намъ тѣмъ труднѣе, чѣмъ больше масса тѣла; масса—или инерція—это то, что заставляетъ желѣзнодорожный поѣздъ катиться по горизонтальнымъ рельсамъ послѣ того, какъ паровая машина локомотива перестала дѣйствовать и т. п. Дать болѣе ясное опредѣленіе понятію „масса“ мы не могли: мы знаемъ лишь, что масса пропорціональна вѣсу тѣла, и по вѣсу тѣла мы судимъ объ его массѣ, ее измѣряемъ.

И вотъ, въ современной физикѣ были открыты явленія, которыя обнаружили, что масса тѣлъ перемѣнна, что она можетъ быть созидаема, что она не неуничтожима, что она можетъ быть, какъ бы не реальной, а кажущейся, какъ бы иллюзіей.

Но кто нибудь скажетъ: да вѣдь это революція! Что остается изъ всей физики, механики, астрономіи, химіи—если масса перемѣнна, а въ этихъ наукахъ все основано на неизмѣнности массы. Да, масса перемѣнна, и все же и физика, и механика, и астрономія, и химія остаются тѣмъ, чѣмъ онѣ было ранѣе. Тѣ измѣненія, о которыхъ идетъ рѣчь, такъ малы, что не имѣютъ никакого практическаго значенія; ихъ значеніе, и очень большое, не здѣсь, а съ одной стороны въ томъ, что называютъ философіей науки, съ другой—въ нѣкоторыхъ совершенно своеобразныхъ явленіяхъ, стоящихъ до извѣстной степени особнякомъ. И какъ бы могло создаться ученіе о неизмѣнности

массы тѣлъ, если бы эта масса была вообще замѣтно перемѣнна!

Вѣдь всѣ наши законы суть результатъ опыта и наблюденія; въ большинствѣ случаевъ мы ихъ знаемъ лишь, какъ говорятъ, въ первомъ приближеніи къ истинѣ.

Въ такомъ первомъ приближеніи масса тѣлъ неизмѣнна, во второмъ приближеніи она оказывается перемѣнной. Какимъ же образомъ удалось дойти до этого второго приближенія?

Явленія свѣта привели насъ къ познанію эѳира, таинственнаго для насъ нѣчто, передающаго волнами намъ свѣтъ, а съ нимъ и жизнь отъ солнца. Долго люди не знали, въ чемъ природа этихъ волнъ; теперь мы знаемъ: это процессы электрическаго или, какъ говорятъ, электромагнитнаго характера. Электромагнитное состояніе эѳира въ этихъ волнахъ измѣняется періодически во времени и пространствѣ; подобныя электромагнитныя состоянія мы умѣемъ воспроизвести и чисто „электрическимъ“ путемъ: это они, напримѣръ, лежатъ въ основѣ такъ называемаго безпроволочнаго телеграфа — и разница между невидимыми электромагнитными волнами въ этомъ случаѣ и тѣми волнами, которыя дѣйствуютъ на нашъ глазъ, только въ ихъ размѣрахъ.

Но что такое электричество? Этого мы тоже не знаемъ — это — третій членъ таинственнаго „тройственнаго союза“, по выраженію покойнаго лорда Кельвина, изъ матеріи, эѳира и электричества. Но и не зная, что такое въ сущности электричество, можно изучать его свойства и проявленія. И вотъ, изслѣдованія этихъ свойствъ открыли намъ, такъ сказать, „атомное“ строеніе того, что мы называемъ электричествомъ; тѣ „электрическіе полюсы“, съ которыми оперировали первые мыслители объ электрическихъ явленіяхъ и первые ихъ изслѣдователи, электрическіе полюсы, изъ которыхъ слагалась, какъ матерія изъ атомовъ и молекулъ, „электрическая жидкость“ ученыхъ конца XVIII и начала XIX вѣковъ, — эти полюсы оказались реально существующими. Это — такъ называемые теперь электроны — самостоятельно существующіе электрическіе заряды опредѣленной (въ среднемъ, по крайней мѣрѣ), неизмѣнной, хотя и крайне малой величины.

Матерія не можетъ быть дѣлима, какъ угодно далеко: въ концѣ концовъ мы дойдемъ до молекулъ и атомовъ. И электричество не можетъ быть дѣлимо безпредѣльно: мы дойдемъ наконецъ до „атомовъ электричества", до его „естественной единицы", до такъ называемаго электрона. Изученіе электрической искры въ почти безвоздушномъ пространствѣ открыло намъ эти электроны.

Съ поверхности заряженной отрицательнымъ электричествомъ проволоки въ безвоздушномъ пространствѣ (т. н. катодъ) выходятъ какіе то невидимые глазу лучи, получившіе названіе катодныхъ: они распространяются прямолинейно, задерживаются металлами и другими тѣлами; попадая на эти тѣла они вызываютъ въ нихъ особаго рода свѣченіе, такъ называемую фосфоресценцію или флюоресценцію, и нагрѣваніе, въ нѣкоторыхъ случаяхъ столь сильное, что, напримѣръ, плавятся металлы. Сверхъ того, эти, съ 1869 года бывшіе таинственными, лучи проявляютъ и еще одно совсѣмъ особое свойство: если къ нимъ поднести магнитъ, они стремятся изогнуться, обвиться около магнита змѣйкой. Какъ разъ такимъ свойствомъ обладаетъ гибкій, мягкій шнуръ, по которому течетъ электрическій токъ. Таинственные лучи оказались такимъ образомъ электрическимъ токомъ, но не такимъ, какимъ намъ представляется электрическій токъ въ проводахъ, питающихъ наши электрическія лампы, или въ нитяхъ, которыми свѣтятъ намъ эти лампы. Нѣтъ, самые точные опыты недавняго времени обнаружили, что въ катодныхъ лучахъ мы имѣемъ токъ своеобразный, что это то самое „летящее электричество", летящія съ огромной скоростью отъ 10000 до 100000 километровъ въ секунду частицы, заряженныя отрицательнымъ электричествомъ, т. е. тѣмъ, которое мы получаемъ на нашихъ гребенкахъ, проводя ими по волосамъ.

Эти-то частицы и получили названіе электроновъ. Но мы не знаемъ электричества, такъ сказать, въ свободномъ видѣ, не связаннаго съ матеріей, съ нѣкоторой массой. Всѣ опыты со временъ Фарадея найти электричество безъ матеріи были неудачны. Казалось поэтому, что электричество есть нѣкоторое свойство или нѣкоторое состояніе матеріи. Поэтому было естественно приписать и электронамъ

нѣкоторую массу—и опытъ позволилъ найти непосредственно отношеніе электрическаго заряда частички къ ея массѣ. Предстояла задача найти отдѣльно и величину этого заряда, и величину массы.

Но дѣло въ томъ, что, хотя электроны были открыты въ самомъ концѣ XIX вѣка, идея объ атомномъ строеніи электричества была въ наукѣ уже со временъ Максвелля и даже Фарадея. Именно съ такими атомами электричества мы встрѣчаемся въ явленіи такъ называемаго электролиза, когда подъ дѣйствіемъ электрическаго тока происходитъ разложеніе химическихъ соединеній на ихъ составныя части. При этомъ оказалось, что каждой молекулѣ вещества, выдѣляющагося при электролизѣ, соотвѣтствуетъ въ цѣпи электрическаго тока опредѣленный положительный или отрицательный электрическій зарядъ, кратный нѣкотораго наименьшаго количества электричества, соотвѣтствующаго атому водорода. Этотъ минимальный электрическій зарядъ и былъ названъ Максвеллемъ „молекулой“ электричества, для него-то и было предложено первоначально Стони (1881) названіе „электронъ“.

Эта идея о молекулярномъ или, правильнѣе, атомномъ строеніи электричества долго не имѣла нигдѣ никакого практическаго примѣненія, пока не была открыта природа катодныхъ лучей. Именно тогда являлось совершенно естественнымъ предположить, не имѣемъ ли мы въ этихъ летящихъ частицахъ какъ разъ дѣла съ тѣми самыми электрическими молекулами, которыя фигурируютъ въ явленіяхъ электролиза. И такое предположеніе оказалось вѣрнымъ. Летящія частицы катодныхъ лучей выдѣляются изъ металловъ; слѣдовательно, можно было допустить, что онѣ вообще существуютъ въ металлахъ и выдѣляются изъ нихъ подъ вліяніемъ электризаціи отрицательнымъ электричествомъ, ими выталкиваются, выбрасываются. Тогда дѣлается понятной громадная скорость частицъ.

Но если въ металлѣ существуютъ наравнѣ съ атомами и молекулами и эти новыя частицы, то, очевидно, онѣ являются какъ бы новымъ сортомъ атомовъ, только атомовъ, наэлектризованныхъ и притомъ отрицательно: но въ такомъ случаѣ поступательное движеніе этихъ частицъ, какъ и анало-

гичное движеніе молекулъ металла, должно играть роль въ явленіяхъ распространенія тепла въ металлахъ (ибо тепло есть молекулярное движеніе), а поступательное движеніе тѣхъ же частицъ, въ качествѣ наэлектризованныхъ тѣлъ, должно играть роль въ процессѣ электрическаго тока въ металлахъ. Если скорости этихъ частицъ велики сравнительно со скоростями обычныхъ молекулъ металла, то именно онѣ, именно эти частицы своимъ движеніемъ будутъ обусловливать въ металлахъ какъ ту, или иную, теплопроводность, такъ и ту, или иную, ихъ электропроводность, и эти два явленія, на первый взглядъ не имѣющія между собой ничего общаго, оказываются проявленіемъ одного и того-же: движенія новыхъ частицъ внутри металла. Такимъ образомъ стало возможнымъ положить начало, такъ сказать, „кинетической теоріи электрическихъ свойствъ металловъ", и эта теорія позволила удовлетворительно объяснить и электризацію разнородныхъ металловъ при прикосновеніи, и явленія термоэлектричества, и наконецъ пропорціональность между теплопроводностью и электропроводностью металловъ—пропорціональность, извѣстную уже давно, но бывшую совершенно непонятной. И для того, чтобы эта „кинетическая теорія" была согласна съ опытомъ, пришлось какъ разъ допустить, что зарядъ летящихъ частицъ въ металлахъ, какъ и въ катодныхъ лучахъ, тотъ самый минимальный зарядъ, который былъ найденъ въ явленіяхъ электролиза.

Электроны, какъ сказано, несутъ отрицательный зарядъ. Между тѣмъ, мы имѣемъ всѣ данныя утверждать, что въ окружающей насъ природѣ никогда не происходитъ процессовъ созданія или уничтоженія электричества: если гдѣ либо появляется нѣкоторый отрицательный зарядъ, непремѣнно гдѣ либо появляется какъ разъ ему равный зарядъ положительный, и наоборотъ. Съ давнихъ поръ поэтому пришлось принять, что въ тѣлахъ есть неопредѣленное количество положительнаго электричества и такое же отрицательнаго, и что всѣ наши процессы электризаціи суть процессы только раздѣленія этихъ двухъ электричествъ, размѣщенія ихъ по разнымъ тѣламъ (напримѣръ, электризаціи при соприкосновеніи разнородныхъ тѣлъ и т. д.) или

по разнымъ частямъ одного и того же тѣла (напримѣръ, такъ называемая электризація черезъ вліяніе).

Но тогда атомное строеніе отрицательнаго электричества неизбѣжно влечетъ за собою и атомное строеніе электричества положительнаго. Можно было думать, что удастся найти и самостоятельно существующій атомъ для положительнаго электричества, подобный частицамъ въ катодныхъ лучахъ. До сихъ поръ, однако, сдѣлать это не удалось.

Было открыто нѣсколько видовъ лучей, представляющихъ собою летящія частицы съ положительными зарядами, но до сихъ поръ онѣ всегда оказывались атомами, или молекулами, или ихъ группами обыкновеннаго вещества, тогда какъ электроны катодныхъ лучей—это не атомы обыкновеннаго вещества, это—нѣчто совсѣмъ новое. Зная зарядъ каждаго электрона и отношеніе этого заряда къ массѣ электрона, легко опредѣлить послѣднюю. Она оказалась круглымъ счетомъ въ 2000 разъ менѣе массы атома водорода, этой наименьшей массы, съ которой мы до сихъ поръ встрѣчались въ природѣ.

Это—дѣйствительно новый, своеобразный сортъ атомовъ вещества, отличающійся отъ обычныхъ нейтральныхъ атомовъ не только электрическимъ зарядомъ, но и ничтожной своей массой: ею то и обусловливаются тѣ большія скорости, которыя имѣютъ электроны и въ металлахъ, и въ катодныхъ лучахъ.

Открытіе электроновъ привело къ такому взгляду на строеніе обычныхъ, незаряженныхъ электричествомъ, какъ говорятъ, нейтральныхъ атомовъ вещества: мы имѣемъ нѣкоторую большую массу вещества съ положительнымъ электрическимъ зарядомъ; эта масса почти равна обычной массѣ атома. Она сопровождается отрицательными электронами, общій зарядъ которыхъ равенъ заряду большой массы. Электроны при этомъ находятся въ движеніи; мы имѣемъ до нѣкоторой степени аналогію съ планетами нашей солнечной системы—электроны играютъ роль спутниковъ, сила притяженія двухъ противоположныхъ электричествъ играетъ роль всемірнаго тяготѣнія.

Описанная система, какъ сказано, есть атомъ нейтральный, кругомъ него мы не замѣчаемъ электрическихъ силъ.

Но если такой сложный атомъ потеряетъ одинъ или нѣсколько изъ своихъ спутниковъ—электроновъ, онъ намъ представится имѣющимъ положительный зарядъ; если, наоборотъ, число его спутниковъ увеличивается нѣсколькими электронами—атомъ является наэлектризованнымъ отрицательно. Такія системы мы имѣемъ въ явленіяхъ электролиза.

Отсюда одинъ шагъ до допущенія, что притяженіе между положительнымъ и отрицательнымъ электричествомъ и даетъ какъ разъ то, что мы называемъ силами химическаго сродства,—идея, которая высказывалась давно, напримѣръ Фарадеемъ и др., и которая нынѣ все болѣе и болѣе подтверждается: такимъ образомъ химія, со временемъ должна стать главой ученія объ электричествѣ.

II.

Электромагнитное происхожденіе вещества.

Частички, меньшія атома водорода, встрѣчаются не въ однихъ катодныхъ лучахъ; онѣ встрѣчаются столь часто, что мы, можно сказать, окружены ими. Правда, не всегда онѣ имѣютъ столь большія скорости, какъ въ случаѣ катодныхъ лучей, но за то иногда, напротивъ того, ихъ скорости значительно больше скоростей въ катодныхъ лучахъ и доходятъ до 280000 километровъ въ секунду, т. е. доходятъ почти до величины скорости свѣта (300000 километровъ въ секунду). Такія частицы мы имѣемъ въ одномъ сортѣ лучей (т. н. β—лучи), испускаемыхъ такъ называемыми радіоактивными веществами. И соотвѣтственно большой скорости масса этихъ электроновъ оказалась больше. Что же, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ болѣе крупными частицами? Нѣтъ, частицы однѣ и тѣ же, но ихъ масса оказалась зависящей отъ скорости движенія и растущей съ этой скоростью: именно, при непрерывномъ возрастаніи этой скорости отъ 0,533 до 0,926 скорости свѣта, масса электроновъ возрастаетъ почти въ $2^1/_4$ раза!

Какъ же это можетъ быть?

Тотъ фактъ, что масса тѣла въ извѣстныхъ случаяхъ можетъ намъ представляться перемѣнной,—не новъ. Если, напримѣръ, твердое тѣло движется въ жидкости, оно увлекаетъ за собою жидкость и, измѣняя скорость движенія тѣла, мы должны измѣнить скорости движенія и частицъ нѣ-

которой массы жидкости. Поэтому намъ и кажется, что къ обычной массѣ такого тѣла, въ случаѣ его движенія въ жидкости, прибавляется еще нѣкоторая „кажущаяся“ масса, тѣмъ большая, чѣмъ больше скорость движенія. Нѣчто въ этомъ родѣ имѣетъ мѣсто и въ области электрическихъ явленій, и это было извѣстно еще въ самомъ началѣ 80-тыхъ годовъ прошлаго вѣка.

Мы имѣемъ, напримѣръ, металлическій шаръ опредѣленной массы, которую мы смѣрили при помощи взвѣшиванія. Наэлектризуемъ этотъ шаръ и сообщимъ ему нѣкоторую скорость: прійдетъ въ движеніе не только масса шара, но и тотъ зарядъ, который шаръ имѣетъ. Между тѣмъ, всякое движеніе электричества представляетъ собою то, что мы называемъ электрическимъ токомъ; послѣдній же сопровождается магнитными дѣйствіями и не можетъ быть созданъ изъ ничего: на созданіе электрическаго тока надо всегда затратить извѣстную энергію, извѣстную работу. Слѣдовательно, тѣмъ же усиліемъ мы не сообщимъ наэлектризованному шару той скорости, которую мы сообщили бы ему въ отсутствіе заряда; мы получаемъ впечатлѣніе, что масса шара, благодаря присутствію заряда, стала больше, тѣло пріобрѣло кажущуюся массу, величина которой можетъ быть вычислена. Этотъ выводъ, какъ онъ ни интересенъ самъ по себѣ, практическихъ результатовъ имѣть не могъ; кажущаяся масса электрическаго происхожденія во всѣхъ нашихъ обычныхъ случаяхъ электризаціи такъ мала сравнительно съ обычной массой тѣлъ, что съ нею считаться не приходится. Если бы мы, напримѣръ, наэлектризовали земной шаръ—самый большой шаръ, который намъ доступенъ,—такъ сильно, какъ это только позволяютъ наши машины для полученія электричества, мы измѣнили бы этимъ колоссальную массу земного шара всего на ничтожную долю миллиграмма.

Но ученіе объ электричествѣ не только предсказываетъ появленіе кажущейся массы, какъ слѣдствіе электризаціи тѣла: это ученіе предсказываетъ, что эта кажущаяся масса перемѣнна въ зависимости отъ скорости движенія и растетъ съ этою скоростью; однако, не абсолютная величина этой скорости играетъ здѣсь роль, а ея отношеніе

къ скорости свѣта. Но причемъ же здѣсь скорость свѣта? Какимъ образомъ она оказалась связанной съ движеніемъ наэлектризованныхъ тѣлъ? Эта связь довольно сложная, и основанія ея легко понятны, если мы вспомнимъ, что свѣтъ —это электромагнитныя волны, электромагнитный процессъ. Всякое измѣненіе электрическаго состоянія какого либо тѣла вызываетъ измѣненіе въ электрическихъ силахъ во всемъ пространствѣ кругомъ, но эти измѣненія не наступаютъ всюду мгновенно; они сначала возникаютъ въ непосредственной области около тѣла, а отсюда уже распространяются, передаются вдаль, и это совершается со скоростью свѣта. Разумѣется, это явленіе имѣетъ мѣсто и въ случаѣ движенія наэлектризованнаго тѣла, а потому и скорость этого движенія не сама вліяетъ на величину кажущейся массы, а ея отношеніе къ скорости свѣта. И вліяніе этого отношенія чрезвычайно замѣчательно: именно, кажущаяся масса наэлектризованнаго тѣла становится безконечно большой, если скорость движенія тѣла равна скорости свѣта. Иными словами, нельзя никакому наэлектризованному тѣлу сообщить скорость бо́льшую, чѣмъ скорость свѣта.

Таково было предсказаніе ученія объ электричествѣ, предсказаніе, въ справедливости котораго не было ни малѣйшихъ основаній сомнѣваться, но которое въ теченіе около двадцати лѣтъ не могло быть провѣрено на опытѣ. Возможность такой провѣрки дали электроны съ ихъ перемѣной въ зависимости отъ скорости массой. Естественно было догадаться, что это измѣненіе какъ разъ обусловлено тѣмъ, что электроны суть электрическіе заряды въ движеніи, и что это измѣненіе здѣсь замѣтно потому, что вообще масса электроновъ чрезвычайно мала. Такъ и оказалось на самомъ дѣлѣ: вліяніе движенія здѣсь не только не ничтожно, оно, такъ сказать—безпредѣльно велико. Ибо измѣренія массы электроновъ обнаружили, что при современной точности наблюденій вся масса электроновъ—электрическаго происхожденія, вся она обусловлена наличностью электрическаго заряда и, если бы электронъ этотъ свой зарядъ какимъ либо образомъ потерялъ, онъ пересталъ бы быть матеріальнымъ, онъ не имѣлъ бы вовсе мас-

сы. Такъ было найдено электричество безъ матеріи, такъ были открыты частицы, у которыхъ въ сущности нѣтъ массы въ обычномъ смыслѣ, есть лишь одна кажущаяся масса.

До сихъ поръ мы оставались все время на почвѣ опыта. Но прогрессъ знанія невозможенъ, если мы будемъ ограничиваться лишь узкими выводами изъ непосредственнаго опыта: мысль естествоиспытателя всегда должна идти далѣе того, что въ данный моментъ дано изслѣдованіемъ, она должна обобщать факты,—и исторія науки показываетъ, что такія обобщенія только въ исключительныхъ случаяхъ опровергаются позднѣйшими изслѣдованіями. Такъ и въ нашемъ случаѣ: разъ отрицательное электричество имѣетъ массу исключительно электрическаго происхожденія, разъ законы взаимодѣйствія положительныхъ электрическихъ зарядовъ такіе же, какъ и законы взаимодѣйствія отрицательныхъ зарядовъ, естественно ожидать, что и у положительнаго электричества вся его масса тоже исключительно электрическаго происхожденія. Но мы видѣли, что атомъ есть совокупность положительныхъ и отрицательныхъ электрическихъ зарядовъ: стало быть, мы приходимъ къ заключенію, что, по всей вѣроятности, и вся обычная масса атома вещества обусловлена лишь его электрическими зарядами и ихъ движеніемъ, вся эта масса есть масса кажущаяся.

Мы считали инерцію характернымъ признакомъ матеріи; современная физика дѣлаетъ инерцію характернымъ признакомъ электричества; вещество такимъ образомъ, такъ сказать, дематеріализуется, электричество зато какъ бы матеріализуется. Однако, и эта „матеріализація электричества" явленіе кажущееся: та масса, о которой была сейчасъ рѣчь, вовсе, или въ крайнемъ случаѣ почти, не пріурочена къ тому мѣсту, гдѣ находятся наши положительные и отрицательные заряды атома; эти заряды могутъ быть распредѣлены въ очень малыхъ объемахъ или по очень малымъ поверхностямъ—ихъ масса, ихъ инерція главнымъ образомъ не въ этихъ объемахъ, не на этихъ поверхностяхъ, а, какъ сейчасъ увидимъ, внѣ ихъ, аналогично тому, какъ и кажущаяся масса движущагося въ жидкости тѣла находится не внутри него, а внѣ, ибо это—инерція жидкости.

III.

Что такое масса?

Мы пришли къ выводу, что масса есть явленіе кажущееся, обусловленное электрическими зарядами, но это все же не отвѣтъ на вопросъ, что же такое масса.

Однако, современная физика имѣетъ и на это отвѣтъ. Въ самомъ дѣлѣ, великій основатель электромагнитной теоріи свѣта—Максвеллъ, какъ извѣстно, предсказалъ существованіе т. н. свѣтового давленія.

Если, напримѣръ, параллельный пучекъ солнечныхъ лучей падаетъ перпендикулярно на совершенно черную площадку, и вся энергія лучей поглощается, превращается въ теплоту, то количество энергіи, поглощенной однимъ квадратнымъ сантиметромъ въ секунду, дѣленное на скорость свѣта, и даетъ то давленіе, которое испытываетъ наша черная площадка. Опытное доказательство наличности этого крайне малаго давленія свѣта было однимъ изъ самыхъ блестящихъ подтвержденій электромагнитной природы свѣта; съ другой стороны это давленіе, судя по многимъ даннымъ, играетъ очень важную роль во многихъ космическихъ явленіяхъ. Столь же важную роль играетъ оно и при рѣшеніи вопроса о сущности того, что мы называемъ массой.

Итакъ, параллельный пучокъ лучей свѣта давитъ на площадку, къ нему нормальную; если мы представимъ себѣ площадку совершенно свободной, она прійдетъ въ движеніе, получитъ нѣкоторую скорость v по направленію лучей и, если масса площадки будетъ m, то она будетъ имѣтъ такъ называемое количество движенія mv. На основаніи обычныхъ законовъ механики, данныхъ Ньютономъ (такъ называемый 3-й законъ движенія), должно существовать непремѣнно нѣкоторое другое тѣло (пусть его масса M) и оно должно тоже прійти въ движеніе со скоростью V въ противоположномъ направленіи, и такою, чтобы mv какъ разъ было равно MV. Такое другое тѣло у насъ есть: это—источникъ свѣта; онъ тоже будетъ испытывать свѣтовое давленіе и притомъ въ сторону противоположную направленію лучеиспусканія, и 3-й законъ движенія былъ бы соблю-

денъ вполнѣ, если бы свѣтъ не требовалъ времени для своего распространенія, если бы онъ распространялся мгновенно. Но этого нѣтъ. Поэтому между моментомъ лучеиспусканія и моментомъ, когда свѣтъ дошелъ до пластинки, 3-й законъ движенія не соблюденъ. Приходится сдѣлать одно изъ двухъ предположеній: среда, въ которой идетъ свѣтъ, сама приходитъ въ движеніе; но опытъ можно вообразить себѣ произведеннымъ въ такъ называемомъ пустомъ пространствѣ, т. е. эѳирѣ; стало быть, эѳиръ приходитъ въ движеніе. Однако, всѣ попытки обнаружить тѣмъ или инымъ способомъ возможность движенія въ эѳирѣ, вызываемаго движеніемъ обычныхъ тѣлъ, успѣхомъ не увѣнчались. Болѣе того, предположеніе о такомъ движеніи, при настоящемъ состояніи науки, не объясняетъ и нѣкоторыхъ оптическихъ и электрическихъ явленій. Приходится допустить, что эѳиръ неподвиженъ, и тогда для устраненія противорѣчія съ законами механики остается одинъ выводъ: надо приписать лучамъ свѣта опредѣленное количество движенія.

Въ этомъ случаѣ по отношенію къ количеству движенія мы поступаемъ совершенно аналогично тому, какъ мы поступаемъ по отношенію къ энергіи. Именно, по закону сохраненія энергіи никакое тѣло, предоставленное самому себѣ, не можетъ измѣнить начальнаго запаса своей энергіи. Мы имѣемъ тѣло, посылающее лучи свѣта, напримѣръ въ безвоздушное пространство: тѣло, очевидно, само по себѣ теряетъ свою энергію, законъ сохраненія энергіи, очевидно, нарушается и происходитъ это потому, что наше тѣло нельзя разсматривать, какъ изолированное, надо включить волны свѣта въ безвоздушномъ пространствѣ, въ эѳирѣ, въ составъ той системы, энергія которой не должна мѣняться, ибо въ этихъ волнахъ мы имѣемъ какъ разъ ту энергію, которая потеряна лучеиспускающимъ тѣломъ.

Такимъ же образомъ и количество движенія, потерянное источникомъ свѣта въ моментъ лучеиспусканія и измѣряемое скоростью, пріобрѣтенной источникомъ и направленной въ сторону противоположную той, куда идутъ лучи свѣта, это количество движенія находится въ эѳирѣ, тамъ, гдѣ есть лучи свѣта, и оно то и представляется затѣмъ въ

свѣтовомъ давленіи, испытываемомъ поглощающей свѣтъ пластинкой. Но количество движенія есть произведеніе массы на скорость, въ разсматриваемомъ нами случаѣ лучей у насъ есть одна скорость по направленію лучей— это та скорость, съ которой вдоль лучей переносится энергія волнъ, т. е. скорость свѣта. Отсюда слѣдуетъ, что лучамъ свѣта мы должны приписать и нѣкоторую массу: именно оказывается, что эта масса луча получится, если переносимую имъ энергію раздѣлить на квадратъ скорости свѣта.

Электромагнитные процессы обнаруживаютъ такимъ образомъ наличность кажущейся массы и тамъ, гдѣ нѣтъ никакихъ электрическихъ зарядовъ, гдѣ нѣтъ и никакой обычной намъ матеріи, а существуютъ лишь однѣ электромагнитныя силы. И эта кажущаяся масса не есть масса эѳира, это именно масса лучей, масса электромагнитныхъ процессовъ.

Отъ матеріализаціи электричества мы перешли къ своеобразной матеріализаціи электромагнитныхъ процессовъ въ лучѣ свѣта. Это ведетъ насъ къ представленію о новаго рода матеріальномъ тѣлѣ, состоящемъ изъ однихъ электромагнитныхъ волнъ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть мы имѣемъ такъ называемое пустое пространство (т. е. чистый эѳиръ), окруженное со всѣхъ сторонъ зеркальными стѣнками, идеально, т. е. полностью, отражающими падающіе на нихъ лучи; стѣнки эти пусть поддерживаются при нѣкоторой постоянной температурѣ. Пространство наше будетъ наполнено при низкой температурѣ одними невидимыми лучами свѣта всевозможныхъ направленій; при достаточно высокой температурѣ будутъ лучи и видимые, вообще говоря, въ пространствѣ будутъ электромагнитныя волны, и онѣ будутъ оказывать на стѣнки всюду одинаковое свѣтовое давленіе. Пространство внутри стѣнокъ будетъ имѣть опредѣленную массу, будетъ настоящимъ „матеріальнымъ" тѣломъ опредѣленнаго объема, температуры и проч. Если мы сообщимъ стѣнкамъ нѣкоторую скорость поступательнаго движенія,—такую же скорость получатъ и „лучи", и масса ихъ, какъ и у обыкновенныхъ матеріальныхъ тѣлъ, будетъ мѣняться въ зависимости отъ величины скорости и

сдѣлается безконечно большой, когда скорость движенія сравняется со скоростью свѣта. Только масса здѣсь будетъ зависѣть отъ температуры; но вѣдь и внутри всякаго тѣла есть лучистая энергія; слѣдовательно, и часть массы всякаго тѣла обусловлена лучеиспусканіемъ и зависитъ отъ температуры, а стало быть, и вся масса всякаго тѣла, вообще, перемѣнна съ температурой.

Мы подошли совсѣмъ близко къ отвѣту на вопросъ, что такое масса. Можно доказать, что вообще всякое тѣло, теряя или пріобрѣтая при постоянномъ давленіи нѣкоторое количество тепла, теряетъ или пріобрѣтаетъ пропорціональное ему количество массы. Но теплота есть энергія, только измѣряемая не въ тѣхъ единицахъ, въ какихъ измѣряется энергія. Говорятъ поэтому, что теплота эквивалентна энергіи; поэтому мы должны сказать, что и масса эквивалентна энергіи. Это значитъ, что въ извѣстныхъ случаяхъ мы воспринимаемъ энергію, какъ массу, и тогда количество энергіи и соотвѣтственное ей количество массы находится всегда въ постоянномъ отношеніи другъ къ другу; это отношеніе можно назвать механическимъ эквивалентомъ массы, и онъ равенъ квадрату скорости свѣта въ эѳирѣ.

Законъ сохраненія вещества, законъ сохраненія массы оказывается не примѣнимымъ къ однимъ обычнымъ для насъ тѣламъ, называемымъ матеріальными. Онъ имѣетъ смыслъ лишь, если мы включимъ въ счетъ и электромагнитные процессы, идущіе внѣ обычной матеріи. Тогда законъ сохраненія массы теряетъ свое самостоятельное значеніе: это просто законъ сохраненія энергіи.

Такимъ образомъ современная физика раскрыла намъ вѣковую тайну инерціи тѣлъ:—масса—это энергія, аналогично тому, какъ и теплота есть энергія; но какъ не всякая энергія есть теплота, такъ и не всякая энергія является массой.

Мы говорили выше о массѣ электроновъ; теперь оказывается, что эта масса измѣряется энергіей электроновъ. Но со времени Максвелла мы знаемъ, что электрическая энергія наэлектризованнаго тѣла не исключительно въ немъ, она большей частію находится внѣ его, въ окружающемъ

эѳирѣ, а, напримѣръ, въ случаѣ наэлектризованнаго проводника электричества эта энергія даже и вся находится внѣ его. Благодаря этому, и энергія той системы электроновъ, которая образуетъ собою атомъ вещества, находится не вся въ этихъ электронахъ, а большая ея часть внѣ ихъ; стало быть и масса электроновъ находится внѣ ихъ, какъ объ этомъ уже было упомянуто выше.

Механическимъ эквивалентомъ массы является, какъ мы видѣли квадратъ скорости свѣта; если за единицу длины взять сантиметръ, то этотъ квадратъ скорости свѣта оказывается числомъ въ 21 цифру; это 9 съ 20 нулями. Поэтому-то громадныя количества энергіи и соотвѣтствуютъ совершенно ничтожнымъ массамъ и наоборотъ: небольшая масса соотвѣтствуетъ колоссальному количеству энергіи.

Пусть напримѣръ, мы имѣемъ два тѣла опредѣленной массы; они вступаютъ между собою въ химическую реакцію, въ результатѣ которой получается новое тѣло. По старому закону сохраненія массъ, масса новаго тѣла равна суммѣ массъ нашихъ двухъ тѣлъ. Но процессы химическаго соединенія тѣлъ обычно сопровождаются нагрѣваніемъ или охлажденіемъ: новая физика говоритъ, что эти процессы отразятся на массѣ тѣла. Такъ, напримѣръ, если 18 граммовъ такъ называемаго гремучаго газа (два объема водорода и одинъ кислорода) при комнатной температурѣ и давленіи химически соединяются въ паръ воды, а этотъ паръ затѣмъ осаждается въ воду той же комнатной температуры, то этотъ процессъ требуетъ отнятія отъ пара и воды опредѣленнаго количества теплоты (имъ можно нагрѣть около 700 граммовъ воды отъ 0° до температуры кипѣнія); вслѣдствіе этого масса полученной воды будетъ не 18 гр., а менѣе на 3,2 милліонныхъ миллиграмма. За то масса капли воды съ булавочную головку (1 миллиграммъ), если бы мы могли утилизировать эту массу, какъ энергію, дала бы намъ ея запасъ въ видѣ работы машины въ 200 лошадиныхъ силъ въ теченіе цѣлой недѣли! Энергія, заключающаяся въ одномъ граммѣ воды была бы достаточна для замѣны работы паровыхъ машинъ цѣлаго флота пароходовъ на пути изъ Европы въ Америку!

Эта энергія атомовъ, которую мы воспринимаемъ, какъ ихъ массу, не мѣняется замѣтно, когда мы охлаждаемъ тѣла, отнимаемъ у нихъ почти всю имѣющуюся теплоту; эта энергія громадна сравнительно со всѣми тѣми количествами энергіи, которыя фигурируютъ въ обычныхъ намъ химическихъ процессахъ; эта энергія поэтому является для насъ какъ бы скрытой въ массѣ атома и, по всей вѣроятности, состоитъ въ стаціонарномъ движеніи электроновъ и сопровождающихъ его электромагнитныхъ процессахъ внѣ ихъ, проявляющихся лишь въ видѣ инерціи, когда мы атому сообщаемъ движеніе, т. е. вносимъ измѣненія въ эти процессы.

Атомъ—это цѣлый своеобразный міръ, цѣлый микрокосмъ, и подтвержденіе этой, вѣроятно, крайне сложной структуры атома мы видимъ въ спектрахъ такъ называемыхъ одноатомныхъ газовъ, напримѣръ паровъ ртути. Пары ртути даютъ роскошный спектръ, состоящій изъ очень большого числа яркихъ цвѣтныхъ линій, происхожденіе которыхъ было бы совершенно непонятно, если бы атомъ паровъ ртути представлялъ бы собою нѣчто не сложное. Спектры элементовъ вообще тѣмъ сложнѣе, чѣмъ выше ихъ атомный вѣсъ; этотъ вѣсъ такимъ образомъ указываетъ намъ своей величиною на сложность структуры атомовъ. Но естественно ожидать, что усложненіе структуры не можетъ идти безгранично; чѣмъ структура сложнѣе, чѣмъ она менѣе устойчива, тѣмъ легче она разрушается. И такое разрушеніе атома мы видимъ въ явленіяхъ т. н. радіоактивности. Соли радія, урана и другихъ металловъ (и сами эти металлы) очень высокаго атомнаго вѣса непрерывно испускаютъ изъ себя своего рода лучи, и этотъ процессъ сопровождается химическимъ превращеніемъ этихъ металловъ; при этомъ, напримѣръ, соли радія непрерывно выдѣляютъ изъ себя теплоту, являющуюся, очевидно, результатомъ распаденія атома; это освобожденіе той скрытой энергіи атома, которую мы называемъ массой. И опять колоссальное выдѣленіе энергіи соотвѣтствуетъ ничтожной убыли въ массѣ. Если бы мы могли имѣть 226 граммовъ радія и заключили бы это вещество въ свинцовую коробку съ достаточно толстыми стѣнками, то этотъ радій далъ-бы намъ въ часъ такое количество тепла

которымъ мы могли бы нагрѣть 300 граммовъ воды отъ 0^{0} до температуры кипѣнія; между тѣмъ за это время потери массы радія составитъ всего 1,4 милліонныхъ доли миллиграмма. Да и за цѣлый годъ оно не превзошло бы на много $^{1}/_{80}$ миллиграмма! Подобныя величины долго еще будутъ недоступны непосредственному измѣренію: но кто поручится, что не будутъ открыты явленія, въ которыхъ измѣненія этого рода будутъ играть столь же важную роль, какую играетъ измѣненіе массы вслѣдствіе движенія у электроновъ.

Намъ остается упомянуть еще объ одномъ, съ обычной точки зрѣнія, удивительномъ свойствѣ массы движущагося тѣла. Эта масса зависитъ не только отъ величины скорости движенія, но и отъ направленія движенія. Такъ электронъ, движущійся равномѣрно по прямой линіи, имѣетъ опредѣленную, зависящую отъ скорости движенія массу, такъ называемую продольную массу. Но если тотъ же электронъ и съ тою же скоростью движется равномѣрно по кругу, то онъ имѣетъ иную, иначе зависящую отъ скорости массу, такъ называемую массу поперечную. Опытное измѣреніе массы электроновъ дѣлается путемъ измѣренія отклоненія электроновъ отъ ихъ прямолинейнаго пути подъ дѣйствіемъ магнита, заряженныхъ электричествомъ тѣлъ и т. п. Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ поперечной массой электроновъ; продольная масса пока непосредственному опытному опредѣленію недоступна. Точно также надо различать эти двѣ массы и у всякаго тѣла, въ томъ числѣ и у того, какимъ является „лучеиспусканіе", это странное тѣло, законы движенія котораго совсѣмъ не похожи на законы движенія въ нашей обычной механикѣ, но свойства котораго мы знаемъ лучше, чѣмъ какого либо иного болѣе намъ привычнаго тѣла.

Итакъ, инерція—это единственная намъ извѣстная связь вещества съ эѳиромъ и связь при помощи электроновъ. Электричество, бывшее нѣкогда игрушкой дѣтей, является нынѣ не только могущественнымъ источникомъ силы, тепла и свѣта, но и краеугольнымъ камнемъ всего въ нашемъ мірѣ.

(Продолженіе слѣдуетъ).

Успѣхи преподаванія физики въ нѣмецкой средней школѣ.

1. Къ методикѣ физики.

За послѣдніе годы въ нѣмецкой педагогической литературѣ часто высказывается убѣжденіе, что прежняя система преподаванія физики въ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ, характеризуемая Даннебергомъ[1]) словами: „вы будете наблюдать то и то. Вы видите это—такъ“, должна уступить мѣсто новой, характеризуемой имъ же словами: 1) „что мы наблюдаемъ“, 2) „что отсюда слѣдуетъ или какъ это объяснить“. При такомъ строго эмпирическомъ изученіи физическихъ явленій приходится возможно меньше занимать вниманіе учениковъ объясненіемъ устройства болѣе или менѣе сложныхъ приборовъ, дающихъ особенно точную форму явленію; вмѣсто этого желательно, чтобы ученики усваивали сущность изучаемаго ими явленія путемъ опытовъ съ простыми средствами, безъ спеціальныхъ приборовъ.

Поставленная такимъ образомъ задача преподаванія физики вызываетъ потребность въ возможно простыхъ „индикаторахъ“ для различныхъ классовъ физическихъ явленій, особено если сами явленія не доступны непосредственно нашимъ органамъ чувствъ, и въ систематическомъ сопоставленіи опытовъ съ даннымъ индикаторомъ въ такой послѣдовательности, чтобы все время можно было переходить отъ наблюденія къ выводу.

Къ такимъ индикаторамъ принадлежитъ, напримѣръ, электроскопъ; въ новѣйшихъ курсахъ физики для среднихъ

---

[1]) R. Danneberg. Zeitschrift für d. phys. u. chem. Unterricht. 21. p. 157.

учебныхъ заведенiй мы находимъ необходимое систематическое описанiе опытовъ съ нимъ, на которые и опирается изложенiе.

2. Опыты съ экраномъ, покрытымъ сѣрнистымъ цинкомъ.

Для изученiя явленiй лучистой теплоты отличнымъ индикаторомъ является экранъ, покрытый сѣрнистымъ цинкомъ. Даннебергъ описываетъ очень интересный рядъ опытовъ съ такимъ экраномъ; эти опыты мы почти полностью приводимъ ниже. Экранъ, покрытый сѣрнистымъ цинкомъ, даетъ подъ дѣйствiемъ лучей короткой длины волны (фiолетовыхъ и ультрафiолетовыхъ) яркую фосфоресценцiю свѣтло-зеленаго или голубовато-зеленаго цвѣта. Она возникаетъ въ моментъ освѣщенiя и затухаетъ приблизительно черезъ 5 минутъ. Лучи, близкiе по длинѣ волны къ красному цвѣту, мгновенно тушатъ фосфоресценцiю, такъ что экранъ покрытый тонкой эбонитовой пластинкой въ 0,5 мм. толщины или хорошимъ краснымъ стекломъ можетъ служить индикаторомъ для тепловыхъ лучей.

Источникомъ лучей лучше всего брать дуговую лампу. При употребленiи ауэровской горѣлки или калильной лампочки на опыты уходитъ значительно больше времени. Даннебергъ рекомендуетъ прiобрѣтать экранъ довольно большихъ размѣровъ, напримѣръ 20×10 см². Такiе экраны изготовляетъ фабрика Бухлера и К° въ Брауншвейгѣ по цѣнѣ въ 5 пфениговъ за см².

Опишемъ нѣсколько опытовъ, которые необходимо производить въ затемненномъ классѣ.

1. Освѣщаемъ экранъ и показываемъ, что онъ начинаетъ свѣтиться свѣтло-зеленымъ свѣтомъ. Освѣщенiе прекращаемъ; экранъ свѣтится еще нѣкоторое время и постепенно гаснетъ. Затѣмъ прикрываемъ весь экранъ тонкимъ листомъ эбонита, а половину его, кромѣ того, деревянной дощечкой. Все вмѣстѣ освѣщаемъ дуговой лампой на разстоянiи 30 см. въ теченiе секунды. Часть экрана, покрытая только эбонитомъ, оказывается послѣ этого несвѣтящейся, между тѣмъ какъ другая часть, защищенная поверхъ эбонита деревомъ, продолжаетъ свѣтиться. При помощи термо-

скопа легко показать, что свѣченіе экрана гаснетъ подъ дѣйствіемъ тепловыхъ лучей. Слѣдовательно, существуютъ тепловые лучи; они проходятъ сквозь эбонитъ, но задерживаются деревомъ.

2. Прикроемъ эбонитовую пластинку съ экраномъ пальцами своей руки и освѣтимъ ее. Тогда получимъ свѣтящееся изображеніе пальцевъ на темномъ фонѣ. Тепловые лучи, проходящіе черезъ эбонитовую пластинку, не проходятъ черезъ пальцы. Свѣченіе гаснетъ тамъ, гдѣ экранъ не былъ закрытъ пальцами.

3. Передъ отверстіемъ въ ящикѣ, заключающемъ дуговой фонарь, ставимъ шаръ, наполненный непрозрачнымъ растворомъ іода въ сѣроуглеродѣ, поглощающимъ весь видимый свѣтъ. Освѣщенный предварительно экранъ держимъ на нѣкоторомъ разстояніи передъ шаромъ. Тотчасъ на экранѣ замѣтно темное пятно. Итакъ, темные тепловые лучи проходятъ черезъ растворъ іода въ сѣроуглеродѣ; ихъ можно преломлять и собирать подобно обыкновенному свѣту.

4. Наложимъ на свѣтящійся экранъ, прикрытый эбонитовой пластинкой, плоско-параллельныя пластинки квасцовъ, стекла и каменной соли [1]). Послѣ освѣщенія оказывается, что подъ каменной солью свѣченіе экрана погасло, подъ стекломъ ослабѣло, а подъ квасцами мало измѣнилось. Продолжительность освѣщенія нужно подбирать, смотря по разстоянію экрана отъ дуги. Итакъ, квасцы поглощаютъ почти всѣ тепловые лучи, стекло пропускаетъ ихъ отчасти, а каменная соль пропускаетъ ихъ безъ задержки.

5. Если мы будемъ освѣщать эти вещества достаточно долго, пока они не нагрѣются, и наложимъ ихъ затѣмъ на свѣтящійся экранъ, то свѣченіе исчезнетъ тамъ, гдѣ лежали квасцы, ослабѣетъ подъ стекломъ и почти не измѣнится подъ каменной солью. Отсюда вытекаетъ, что мень-

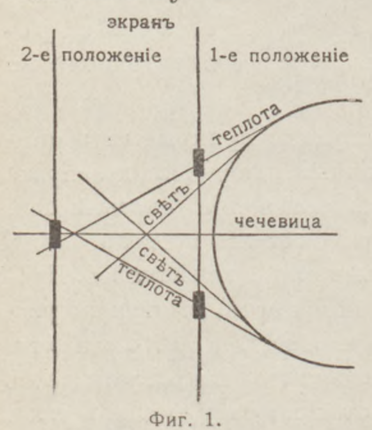
---

[1]) Пластинки квасцовъ и каменной соли легко самому изготовить. Выпиливъ, ихъ шлифуютъ тонкимъ полотномъ, намоченнымъ въ чистомъ спиртѣ.

ше всего нагрѣваются тѣ тѣла, которыя пропускаютъ большую часть тепловыхъ лучей.

6. Закроемъ одну половину свѣтящагося экрана краснымъ стекломъ, а другую—синимъ, и освѣтимъ его. Оказывается, что подъ темной синей пластинкой экранъ ярко свѣтится, а подъ свѣтлой красной—свѣченіе очень слабо. Итакъ, красные лучи по своему дѣйствію похожи на тепловые.

7. На основаніи этого легко объяснить слѣдующій опытъ: прикрываемъ несвѣтящійся экранъ синимъ стекломъ, кладемъ на него руку и освѣщаемъ. Получается темное изображеніе пальцевъ на свѣтломъ фонѣ. Если же прикроемъ свѣтящійся экранъ краснымъ стекломъ и поверхъ его наложимъ пальцы, то послѣ освѣщенія получаемъ свѣтящееся изображеніе руки на темномъ фонѣ. Рука не пропускаетъ тепловыхъ лучей.



Фиг. 1.

8. Помѣстимъ свѣтящійся экранъ въ пучекъ лучей между собирательнымъ стекломъ и фокусомъ (фиг. 1). Получится свѣтлое пятно съ темнымъ краемъ. Если помѣстимъ затѣмъ экранъ за фокусомъ, получимъ темное пятно со свѣтлымъ краемъ. Отсюда слѣдуетъ, что свѣтовые лучи собираются къ линзѣ ближе, чѣмъ тепловые. Фокусное разстояніе для тепловыхъ лучей больше, чѣмъ для свѣтовыхъ. Итакъ, тепловые лучи менѣе преломляются, чѣмъ свѣтовые. На фигурѣ мѣста потемнѣнія экрана обозначены толстыми штрихами.

При помощи того-же экрана можно производить и спектральное изслѣдованіе тепловыхъ лучей. Для разложенія свѣта лучше всего брать кварцевую призму, которая почти одинаково пропускаетъ всѣ лучи. За неимѣніемъ ея можно примѣнить призму изъ каменной соли, которую легко изготовить самому.

Опыты ставятся слѣдующимъ образомъ. Въ круглое отверстіе фонаря вставляется довольно широко раскрытая

щель; выходящій пучекъ лучей падаетъ на призму. Если угли образуютъ прямую линію и щель параллельна этой прямой, то получается сносный спектръ.

9. Бросаемъ спектръ на несвѣтящійся экранъ; яркое свѣченіе проявляется только вблизи фіолетовой части: экранъ начинаетъ свѣтиться только въ фіолетовой части спектра.

10. Бросая спектръ на свѣтящійся экранъ, обнаруживаемъ, что въ фіолетовой части спектра экранъ свѣтится ярче прежняго, а въ красной части свѣченіе угасло. Итакъ, тепловые лучи менѣе преломляются, чѣмъ фіолетовые. Тепловые лучи бываютъ различной преломляемости.

11. Закроемъ несвѣтящійся экранъ тонкой жестью и бросимъ на него спектръ. На жести спектръ ясно виденъ. Станемъ теперь сдвигать жесть въ сторону красной части спектра до тѣхъ поръ, пока едва видимые фіолетовые лучи не упадутъ на экранъ. Тогда замѣтимъ, что экранъ началъ свѣтиться раньше, чѣмъ на него упалъ видимый свѣтъ.

12. Прикрывъ свѣтящійся экранъ жестяной пластинкой и бросивъ на него свѣтъ, станемъ сдвигать жесть къ фіолетовой части спектра; по прекращенію свѣченія экрана заключаемъ, что и съ этой стороны спектра на экранъ падаютъ невидимые лучи. Итакъ, существуютъ невидимые тепловые лучи, менѣе преломляемые, чѣмъ красные: инфракрасные лучи. Существуютъ кромѣ того невидимые лучи, болѣе преломляемые, чѣмъ фіолетовые: ультрафіолетовые лучи. Лучи малой преломляемости уничтожаютъ свѣченіе экрана, возбуждаемое лучами большой преломляемости.

13. Наполняемъ прокипяченной водой плоскопараллельный сосудъ и, заливъ отверстіе парафиномъ, кладемъ его на свѣтящійся экранъ рядомъ со стеклянной пластинкой такой же толщины такъ, чтобы линія раздѣла шла вдоль спектра по срединѣ. Оказывается, что спектръ значительно короче тамъ, гдѣ лучи прошли черезъ воду. Итакъ, темные тепловые лучи различной преломляемости и поглощаются различно. Стекло вблизи видимой части спектра пропускаетъ тепловые лучи лучше, чѣмъ вода.

При желанiи воспроизвести болѣе точные опыты надъ преломляемостью тепловыхъ лучей, обнаружить фраунгоферовыя линiи и т. д., нужно имѣть болѣе точный спектръ, получаемый при помощи линзъ изъ каменной соли.

Экранъ, покрытый сѣрнистымъ цинкомъ, можетъ также служить для опытовъ съ рентгеновскими лучами.

Наложимъ нѣсколько такихъ экрановъ другъ на друга, сверху положимъ, напримѣръ, готовальню и будемъ освѣщать все въ теченiе одной минуты рентгеновскими лучами. Тогда на каждомъ экранѣ мы получимъ яркiй рентгеновскiй снимокъ, сохраняющiйся нѣсколько минутъ. Чтобы погасить свѣченiе, достаточно подержать экранъ надъ калильной лампочкой, прикрывъ его сперва тонкой пластинкой эбонита.

Даннебергъ описываетъ далѣе примѣненiе экрана, покрытаго сѣрнистымъ цинкомъ, къ фотометрическимъ измѣренiямъ.

3. Опыты съ цвѣтнымъ термоскопомъ.

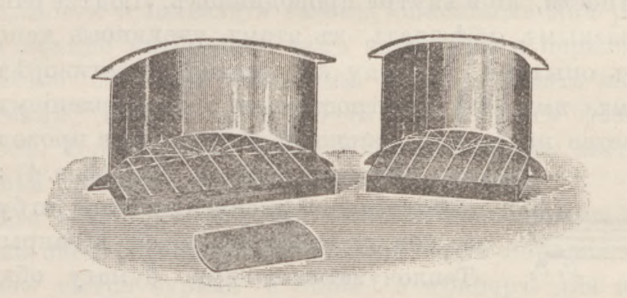
Не менѣе обширное примѣненiе, чѣмъ описанный экранъ, въ рукахъ преподавателя можетъ получить цвѣтной термоскопъ.

Извѣстно, что двойныя iодистыя соединенiя ртути и мѣди или серебра при сравнительно невысокихъ температурахъ испытываютъ энантiоморфное превращенiе, которое сопровождается рѣзкимъ измѣненiемъ окраски. Красное соединенiе iодистой ртути и мѣди (цвѣтной термоскопъ Гесса) при нагрѣванiи выше 70° С. становится темно-бурымъ, а при охлажденiи снова принимаетъ прежнiй цвѣтъ. Соединенiе iодистой ртути и серебра (цвѣтной термоскопъ Ребеншторфа) отмѣчаетъ температуру въ 45° рѣзкимъ измѣненiемъ своей окраски изъ желтой въ оранжево-красную.

Эти соединенiя могутъ различнымъ образомъ примѣняться при производствѣ опытовъ. Ихъ можно нанести равномѣрнымъ слоемъ на приборъ, въ которомъ желательно обнаружить нагрѣванiе (напримѣръ, выдѣленiе тепла при какой либо химической реакцiи); нанесенные на деревянный или металлическiй предметъ, подогрѣваемый у одного кон-

ца, они даютъ возможность наглядно показать различіе въ теплопроводности (получается рѣзкая изотерма для 45° или 70°). Наиболѣе удобной формой въ большинствѣ случаевъ является закрѣпленіе этихъ тепло-чувствительныхъ соединеній на листахъ бумаги. Имѣя ихъ всегда подъ рукой, учитель можетъ при любомъ явленіи, сопровождающемся термическимъ эффектомъ, наглядно показать ученикамъ выдѣленіе тепла. Листы цвѣтного термоскопа продаются, напримѣръ, фирмою М. Коль въ Хемницѣ по 3 марки 50 пфениговъ за 10 листовъ.

Изъ многочисленныхъ опытовъ съ цвѣтнымъ термоскопомъ, описанныхъ Ребеншторфомъ[2]), для примѣра отмѣтимъ, что очень легко и наглядно воспроизводятся опыты съ отраженіемъ темныхъ тепловыхъ лучей, собираніемъ ихъ помощью вогнутаго зеркала и т. п. Если возьмемъ два цилиндрическихъ зеркала съ пароболическимъ и круговымъ сѣченіемъ, укрѣпленныхъ на деревянныхъ пластинкахъ (фиг. 2), на которыя накладываются соотвѣтственно вырѣ-



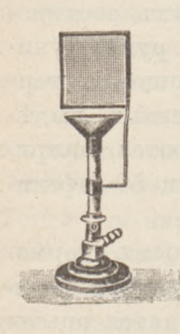
Фиг. 2.

занные цвѣтные термоскопическіе листы, и приблизимъ источникъ темныхъ лучей на разстояніе 10—20 см. такъ, чтобы лучи падали на зеркала нѣсколько сверху, то получимъ покраснѣніе листовъ термоскопа характерной формы (см. фиг. 2). Дѣйствіе наступаетъ очень быстро.

---

[1]) N. Rebenstorff. Zeitschrift für d. phys. u. chem. Unterricht. **9** p. 227, **15** p. 145 u **21** p. 292.

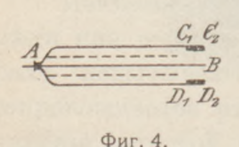
Въ качествѣ источника тепловыхъ лучей Ребеншторфъ рекомендуетъ бунзенскую горѣлку съ плоскимъ пламенемъ (фиг. 3), въ которой газъ выходитъ изъ довольно длинной щели; надъ щелью укрѣпленъ прямоугольникъ изъ проволочной сѣтки. Наиболѣе сильное излученіе получается въ томъ случаѣ, когда пламя ударяетъ въ стѣнку подъ сравнительно большимъ угломъ; оно направлено тогда съ одной стороны немного внизъ, а съ другой—немного вверхъ.



Фиг. 2.

Людтке[1]) примѣнилъ цвѣтной термоскопъ для изслѣдованія различныхъ электрическихъ явленій, въ которыхъ обнаруживается джоулевая теплота. И въ этихъ случаяхъ цвѣтной термоскопъ или, какъ его называетъ Людтке, цвѣтной гальваноскопъ часто съ успѣхомъ замѣняетъ сложные приборы.

Мы приведемъ въ качествѣ примѣра одинъ изъ опытовъ, доказывающихъ, что электричество течетъ не только по поверхности, но и внутри проводниковъ. Людтке считаетъ цѣлесообразнымъ убѣждать въ этомъ учениковъ непосредственнымъ опытомъ въ виду кажущагося противорѣчія съ усвоеннымъ ими изъ электростатики представленіемъ, что электричество находится только на поверхности проводника.



Фиг. 4.

Мѣдная полоска $A\ B$ (фиг. 4) завертывается въ теплочувствительную бумагу, а концы ея оставляются незакрытыми. Теплочувствительную бумагу обкладываютъ оловянной бумагой, которую у A крѣпко прижимаютъ къ мѣдной пластинкѣ. У другого конца оловянную бумагу зажимаютъ между согнутыми вдвое мѣдными полосками C_1C_2 и D_1D_2. При пропусканіи сильнаго тока отъ A черезъ оловянную бумагу къ C, олово нагрѣвается, что легко сдѣлать замѣтнымъ, наложивъ листокъ цвѣтного термоскопа. Если же мы теперь придавимъ другъ къ другу полоски C и D до соприкосновенія съ мѣдною пластинкою B, то при той же силѣ тока нагрѣваніе прекра-

---

[1]) H. Lüdtke. Zeitschrift für d. phys. u. chem. Unterricht. **20** p. 345; **21** p. 10 и 353.

щается, и красный цвѣтъ термоскопа переходитъ въ желтый. Слѣдовательно, большая часть тока течетъ внутри черезъ мѣдную полоску.

4. Новый индикаторъ ультрафіолетовыхъ лучей.

Новымъ индикаторомъ для ультрафіолетовыхъ лучей является предложенная Шаллемъ [1]) реактивная бумага, пропитанная соединеніемъ изъ парафенилендіамина и азотной кислоты. Шалль примѣняетъ ее для демонстраціи абсорбціи ультрафіолетовыхъ лучей безцвѣтными растворами. Бумага эта, нечувствительная къ видимому свѣту, окрашивается подъ дѣйствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей въ темно-синій цвѣтъ.

5. Опыты по іонизаціи газовъ.

Изъ многочисленныхъ описанныхъ за послѣдніе годы систематическихъ серій опытовъ по различнымъ вопросамъ физики приведемъ еще нѣкоторые опыты для демонстраціи проводимости и іонизаціи газовъ, описанные Малеромъ. Эти опыты крайне интересны, такъ какъ даютъ первоначальное знакомство съ этими явленіями и могутъ быть выполнены средствами, имѣющимися почти въ каждомъ физическомъ кабинетѣ. Теорія этихъ явленій была дана въ статьѣ Г. А. Уильсона („Физич. Обозр.“ 1910 г. стр. 154).

Для опытовъ требуется: простой электроскопъ, чувствительный электроскопъ, электроскопическій порошокъ, состоящій изъ смѣси сурика и сѣры, и приборъ для полученія сильной струи воздуха.

Въ качествѣ простого электроскопа берется бузинный шарикъ, подвѣшенный на шелковой нити длиной въ 1—2 м.; онъ прикасается къ большому полому полированному металлическому шару діаметромъ около 10 см., помѣщенному на изолирующей ножкѣ. При заряженіи шара, бузинный шарикъ отклоняется, а по уменьшенію отклоненія судимъ о потерѣ заряда.

Порошокъ состоитъ изъ смѣси сурика и сѣрнаго цвѣта, тщательно растертыхъ въ мелкій порошокъ въ фарфоровой

---

[1]) C. Schall. Zeitschrift für d. phys. u. chem. Unterricht. 21 p. 389.

ступкѣ. Онъ насыпается въ резервуаръ распылителя такъ, чтобы трубка была погружена въ порошокъ только на нѣсколько миллиметровъ, и распыляется при нагнетанiи воздуха резиновымъ шаромъ. При распыленiи сѣра заряжается отрицательно, а сурикъ—положительно.

1-й опытъ. Накаленныя тѣла iонизуютъ воздухъ. Накаленный до красна предметъ быстро приближаютъ къ электроскопу на разстоянiе приблизительно 12 см. При отрицательномъ зарядѣ листочки электроскопа опадаютъ, при положительномъ — остаются въ первоначальномъ положенiи. Нагрѣтое до краснаго каленiя тѣло является главнымъ образомъ источникомъ положительныхъ iоновъ. Нагрѣвъ тѣло до бѣлаго каленiя, обнаружимъ, что электроскопъ одинаково теряетъ положительный и отрицательный зарядъ. Накаливанiе лучше всего вызывать пропусканiемъ электрическаго тока черезъ проволоку.

2-й опытъ. Всякое пламя является источникомъ iоновъ. Убѣждаемся въ этомъ, приближая пламя къ заряженному электроскопу; зарядъ его исчезаетъ. Пригоденъ и простой электроскопъ; достаточно приблизить къ нему пламя на разстоянiе 15 см. Iоны, образованные газами, исчезаютъ сравнительно медленно (до 10 минутъ) и потому пригодны для слѣдующихъ опытовъ.

3-й опытъ. Iоны не проходятъ через твердыя тѣла. Достаточно поставить экранъ между пламенемъ и электроскопомъ, чтобы устранить потерю заряда.

4-й опытъ. Iоны подымаются вверхъ вмѣстѣ съ образовавшимися при горѣнiи газами. Убѣждаемся въ этомъ при помощи заряженнаго положительно или отрицательно электроскопа, который теряетъ зарядъ, если держать его вертикально надъ пламенемъ на разстоянiи до 2 м.

5-й опытъ. Iоны можно направить струей воздуха въ любую сторону. Для этого мѣхомъ прогоняютъ воздухъ достаточно быстро черезъ стеклянную трубку длиной приблизительно въ 40 см., а въ поперечникѣ въ 2 см. Струя должна проходить надъ самымъ пламенемъ. Поставленный въ направленiи струи электроскопъ теряетъ зарядъ даже на разстоянiи 2—3 м. отъ пламени.

6-й опытъ. Заряженный электроскопъ A находится на разстояніи 15 см. отъ бунзенской горѣлки B, пламя которой вызываетъ у него потерю заряда. Если станемъ сильной струей прогонять воздухъ между A и B по направленію, перпендикулярному къ AB, то электроскопъ перестанетъ разряжаться. Этимъ доказано, что іоны уводятся струей воздуха.

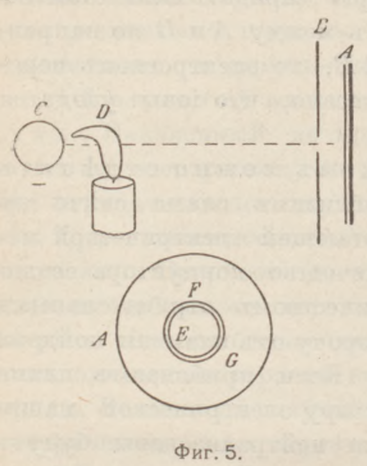
7-й опытъ. Оба рода іоновъ можно отдѣлить другъ отъ друга. Если приблизимъ пламя свѣчи къ положительному кондуктору работающей электрической машины, то положительное электричество кондуктора соединится съ отрицательнымъ электричествомъ отрицательныхъ іоновъ, а въ противоположную сторону отъ пламени пойдетъ потокъ положительныхъ іоновъ. Если приблизимъ пламя свѣчи къ отрицательному кондуктору электрической машины, то пламя къ нему притянется; нейтрализованы будутъ его положительные іоны, а потокъ отрицательныхъ іоновъ пойдетъ отъ пламени въ сторону, противоположную кондуктору. Этими потоками іоновъ пользуются въ слѣдующихъ опытахъ.

8-й опытъ. Потокъ положительныхъ іоновъ заряжаетъ положительно изолированный проводникъ, такъ что изъ него можно получить искру. Электроскопъ заряжается мгновенно. Подвижной изолированный проводникъ, если на него направить потокъ іоновъ, поворачивается затѣмъ къ приближенному незаряженному тѣлу, напримѣръ рукѣ. Отрицательно заряженный электроскопъ теряетъ свой зарядъ, какъ только онъ попадаетъ въ потокъ положительныхъ іоновъ.

9-й опытъ. Беремъ лейденскую банку, у которой на соединенный съ внутренней ея обкладкой стержень вмѣсто шарика поставленъ шаръ, діаметромъ около 10 см., и ставимъ ее такъ, чтобы потокъ положительныхъ іоновъ попадалъ на шаръ. Банка быстро заряжается и вскорѣ уже даетъ при разрядѣ искру. Наоборотъ, заряженная банка медленно теряетъ свой зарядъ въ потокѣ положительныхъ іоновъ, если внутренняя обкладка ея была заряжена отрицательно.

10-й опытъ. Беремъ эбонитовую пластинку толщиной около 2 мм. и діаметромъ около 20 см. (фиг. 5), протираемъ

ее спиртомъ, просушиваемъ, обклеиваемъ сзади станіолемъ и проводимъ сквозь пламя бунзенской горѣлки, чтобы удалить съ нея зарядъ. Затѣмъ вырѣзываемъ въ большомъ листѣ картона отверстіе діаметромъ приблизительно въ 6 мм. Пламя свѣчи помѣщается напротивъ отрицательнаго кондуктора машины на разстояніи отъ него 2-хъ—3-хъ см., а экранъ *B* перпендикулярно направленію *CD* на растояніи 8 см. отъ *D* такъ, чтобы отверстіе экрана *B* приходилось на прямой *CD* За экраномъ на разстояніи нѣсколькихъ см. отъ него помѣщается эбонитотая пластинка *A*, обращенная къ нему свободной стороной. Электрическую машину нѣкоторое время вращаютъ и одновременно, касаясь пальцемъ, отводятъ къ землѣ станіолевую обкладку пластинки. Проходящіе черезъ отверстіе экрана отрицательные іоны задерживаются поверхностью пластинки и сообщаютъ ей отрицательный зарядъ. Остановивъ электрическую машину, вынимаемъ пластинку, закрѣпляемъ ее вертикально въ штативѣ и распыляемъ предъ нею съ разстоянія приблизительно въ 30 см. электроскопическій порошокъ (подъ небольшимъ давленіемъ!). На пластинкѣ получается рѣзко ограниченный кругъ *E*, покрытый сурикомъ, вокругъ него идетъ узкое кольцо *F*, оставшееся пустымъ, а остальное пространство покрыто главнымъ образомъ сѣрой. Если взять положительный кондукторъ, то средній кругъ *E* покроется сѣрой, внѣшнее его поле *G*—сурикомъ, а зона *F* снова останется пустою.



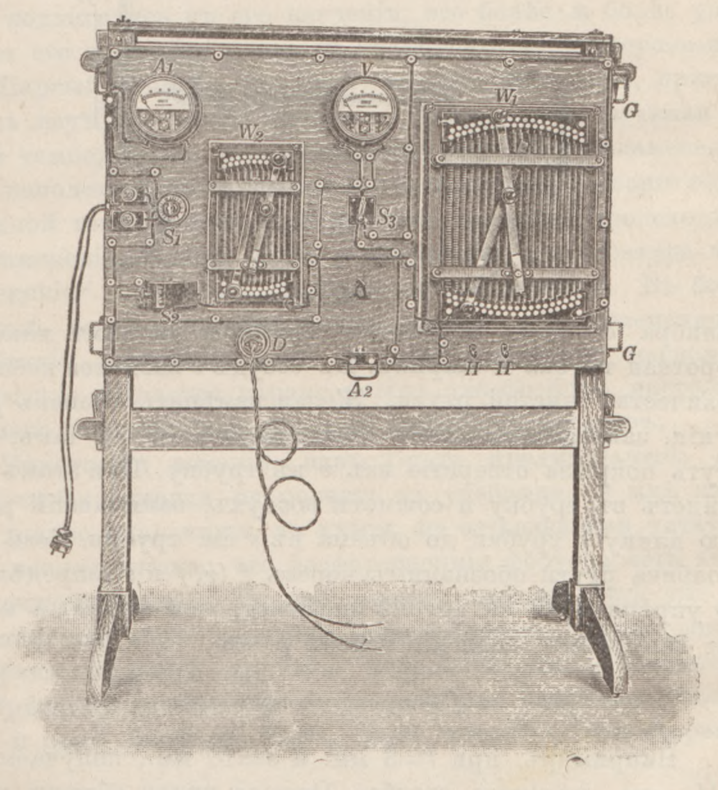
Фиг. 5.

Далѣе Малеръ описываетъ простыя демонстраціи іонизаціи воздуха рентгеновскими лучами, характерныя формы лихтенберговскихъ фигуръ, опыты съ катодными лучами и пр.

6. Подвижная распредѣлительная доска.

Изъ новыхъ моделей основныхъ приборовъ физическаго кабинета отмѣтимъ построенную Брюшемъ[1]) подвижную экспериментальную распредѣлительную доску.

Брюшъ желалъ построить такую экспериментальную доску, устройство которой легко можно было бы объяснить ученикамъ, для чего необходимо, чтобы всѣ ея части были на виду, а съ другой стороны онъ стремился сдѣлать доску возможно дешевой и дающей возможность примѣнять всѣ ея составныя части также и отдѣльно отъ нея. Построенная Брюшемъ экспериментальная распредѣлительная доска изображена на фиг. 6-й. Она изготовляется фирмой Максъ Коль въ Хемницѣ.

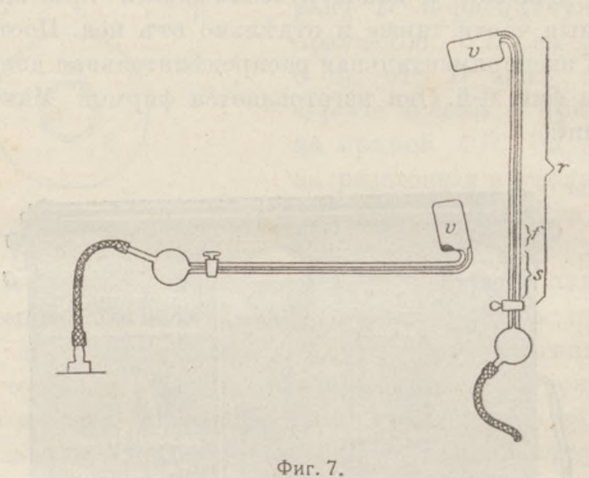


Фиг. 6.

[1]) W. Brüsch. Zeitschrift für d. phys. u chem. Unterricht. 22 p. 162.

7. Простой вакуумметръ.

Въ заключеніе мы приведемъ еще описаніе очень простого вакуумметра Ребеншторфа [1]). Какъ демонстраціонный приборъ, онъ во многихъ случаяхъ можетъ замѣнить дорогой манометръ Макъ-Леода. Устройство его видно изъ фигуры 7-й. Толстостѣнная стеклянная трубка, длиною въ 40 см., шириною въ 2,5 мм. и равномѣрнаго по всей ея длинѣ калибра, у одного конца загнута и снабжена сосудомъ v. Другой ея конецъ соединенъ съ сохраненіемъ постоянства



Фиг. 7.

калибра съ очень хорошимъ краномъ; за нимъ находится короткая трубка и шарикъ. Въ сосудъ v вводится небольшое количество чистой ртути. Желая измѣрить степень разрѣженія, закрываютъ кранъ и наклоняютъ трубку такъ, чтобы ртуть покрыла отверстіе изъ v въ трубку. При этомъ ртуть войдетъ въ трубку и сожметъ воздухъ, занимавшій раньше всю длину r трубки до объема въ s см. трубки. Если длину столбика ртути обозначимъ черезъ f (r, f и s опредѣляются по укрѣпленной на трубкѣ миллиметровой шкалѣ), а начальное измѣряемое давленіе черезъ p, то

$$p \cdot \frac{r}{s} = f + p, \qquad \text{или } p = \frac{fs}{r-s}.$$

Напримѣръ, при $f=3$ мм. и $s=10$ мм., получаемъ для p $^1/_{13}$ мм. ртутнаго столба. Отсюда видна область примѣненія этого вакуумметра. Приборъ изготовляется фирмой Густавъ Мюллеръ въ Ильменау. А. Г.

Кіевъ.

Пламя.

А. Смайзельса[1]).

Въ послѣдніе годы изученіе пламени стало предметомъ все болѣе и болѣе глубокихъ изслѣдованій, благодаря чему интересъ къ нему сильно возросъ; участь этого вопроса была такова-же, какъ и многихъ другихъ; по мѣрѣ того, какъ подвигались въ его изученіи, все болѣе и болѣе увлекались его темными и еще не изслѣдованными сторонами.

Первый вопросъ, который слѣдуетъ поставить, приступая къ изученію этого предмета, слѣдующій: начиная съ какой температуры обнаруживается явленіе воспламененія?

Господствовавшій раньше взглядъ на существованіе опредѣленной температуры, при которой внезапно происходитъ воспламененіе, теперь палъ, и выраженіе „температура воспламененія“ пріобрѣло совсѣмъ другой смыслъ. Въ большинствѣ случаевъ смѣсь двухъ газовъ при постепенномъ нагрѣваніи начинаетъ мало по малу свѣтиться; насколько это явленіе считается характернымъ для фосфора, настолько оно мало извѣстно для другихъ горючихъ веществъ.

Нѣкоторыя явленія, какъ будто предназначены для того, чтобы никогда не попасть въ учебники, и мнѣ извѣстна только одна книга по химіи, не оставляющая читателя подъ впечатлѣніемъ, что фосфоресценція фосфора есть явленіе исключительное. Трудно сказать, сколько разъ уже открывали, что сѣра, мышьякъ, сѣроуглеродъ, спиртъ, эѳиръ, парафинъ и много другихъ неорганическихъ соединеній пріобрѣтаютъ свойство фосфоресценціи въ такой-же степени, какъ и самъ фосфоръ. Такъ, было доказано, что сгораніе,

[1]) Предсѣдательское обращеніе при открытіи химической секціи Британской Ассоціаціи.

сопровождаемое фосфоресценцiей, въ нормальныхъ условiяхъ всегда предшествуетъ явленiю, которое мы называемъ пламенемъ. Вышесказанное, впрочемъ, вполнѣ согласно съ общепринятымъ взглядомъ, что химическое соединенiе двухъ газовъ не происходитъ внезапно, а идетъ постепенно, по мѣрѣ того, какъ температура все подымается надъ опредѣленной точкой, ниже которой реакцiя идетъ такъ медленно, что ея нельзя замѣтить, или-же ею можно пренебречь. Реакцiя соединенiя не растетъ пропорцiонально температурѣ, а гораздо скорѣе, такъ что повышенiе температуры, напримѣръ, на 10° можетъ удвоить ея скорость.

Интервалъ температуры между началомъ фосфоресценцiи и появленiемъ пламени можетъ быть весьма короткимъ. Въ случаѣ фосфора этотъ интервалъ простирается отъ 7° до 60° и заключаетъ въ своихъ предѣлахъ нормальныя измѣненiя температуръ нашей атмосферы; поэтому фосфоресценцiя фосфора трудно поддается изученiю. Если-бы нормальная температура на земномъ шарѣ была ниже 7°, т. е. точки исчезновенiя фосфоресценцiи фосфора при атмосферномъ давленiи, то весьма возможно, что этотъ элементъ не прiобрѣлъ-бы своей славы быть видимымъ въ темнотѣ, такъ какъ при его воспламененiи интервалъ фосфоресценцiи былъ-бы пройденъ такъ быстро, какъ это обыкновенно случается съ сѣрою, парафиномъ и другими горючими веществами, для обнаруженiя фосфоресценцiи которыхъ необходимо осторожно нагрѣвать смѣсь газообразнаго горючаго вещества съ воздухомъ и поддерживать ее долго при температурѣ близкой, но не достигающей точки воспламененiя. Самый простой способъ для изученiя этого явленiя принадлежитъ сэръ Уильяму Перкинсу, который приводитъ горючее вещество въ соприкосновенiе съ металлическимъ шаромъ, нагрѣтымъ до соотвѣтственной температуры.

Переходъ отъ фосфоресценцiи къ обыкновенному пламени не происходитъ внезапно, и моментъ воспламененiя является конечной точкой непрерывной, хотя и весьма быстрой эволюцiи.

Какимъ-же образомъ опредѣлить теперь точку воспламененiя? Вантъ Гоффъ сдѣлалъ это съ характерною ясностью. „Температура воспламененiя—это температура, при которой

потеря теплоты черезъ теплопроводность, лучеиспусканіе и т. д. равна теплотѣ развиваемой химической реакціею въ тотъ-же промежутокъ времени". Чтобы составить себѣ ясное понятіе о температурѣ воспламененія, вообразимъ, что газообразная горючая смѣсь, напримѣръ воздуха и сѣроуглерода, выходитъ черезъ отверстіе въ нейтральную атмосферу. Если вокругъ этого отверстія мы помѣстимъ платиновое кольцо, постепенно нагрѣваемое электрическимъ токомъ, то появится пламя. Но если вслѣдъ за его появленіемъ, мы прервемъ токъ, то оно исчезаетъ, такъ какъ въ данномъ случаѣ оно не поддерживается собственною теплотою горѣнія, а обусловлено избыткомъ теплоты, приведеннымъ платиновымъ кольцомъ. Если кольцо нагрѣвать все выше и выше, то пламя свѣтится все ярче, благодаря постепенному усиленію химической дѣятельности, и, наконецъ, достигаетъ температуры, при которой отъ прекращенія электрическаго тока пламя больше уже не потухнетъ. Это и есть именно истинная температура воспламененія; при ней реакція протекаетъ достаточно интенсивно и быстро для того, чтобы пополнять потерю теплоты (черезъ лучеиспусканіе, теплопроводность и конвекцію) горящаго газообразнаго слоя и не нарушать непрерывности горѣнія вслѣдствіе притока сосѣднихъ слоевъ къ зонѣ воспламененія.

Фосфоресценція была названа низшей ступенью горѣнія и хотя въ дословномъ смыслѣ выраженіе это вѣрно, я все-таки боюсь, что оно можетъ быть неправильно истолковано. Фосфоресценцію часто разсматриваютъ, какъ связанную съ образованіемъ продуктовъ неполнаго сгоранія; это возможно въ случаѣ химической системы, которая даетъ различные продукты горѣнія при различныхъ температурахъ, но никакъ не можетъ служить общей характеристикой фосфоресценціи; такъ напримѣръ, фосфоресцирующее сгораніе сѣры не даетъ другихъ продуктовъ, кромѣ сѣрнистаго газа (SO_2).

Такимъ образомъ, температура воспламененія не представляетъ собою ни температуры, при которой соединеніе образуется внезапно, ни температуры, которая зависитъ исключительно отъ химической природы соединяющихъ газовъ.

Несмотря на простоту этого взгляда, нужно признать, что существуетъ еще много невыясненныхъ явленій въ про-

цессѣ горѣнія газовъ. Воспламеняемость газовыхъ смѣсей не достигаетъ необходимо максимума, когда смѣсь оставлена въ пропорціяхъ, теоретически отвѣчающихъ полному сгоранію. Вліяніе постороннихъ газовъ, повидимому, также не подчиняется простому закону; присутствіе весьма малаго количества газообразной примѣси оказываетъ большое вліяніе на температуру воспламененія, какъ напримѣръ, въ случаѣ прибавленія этилена къ водороду.

Изученіе окисленія фосфора равнымъ образомъ далеко не закончено; такъ, мы не знаемъ, какіе окислы образуются въ началѣ окисленія, и разные наблюдатели съ одинаковымъ усердіемъ констатируютъ и отрицаютъ существованіе окисловъ P_4O и P_2O. Слѣдуетъ, пожалуй, предполагать, что въ случаѣ фосфора фосфоресценція вызвана образованіемъ одного окисла, но сопровождаетъ тоже образованіе другого; во всякомъ случаѣ здѣсь еще много темныхъ мѣстъ, поддающихся самымъ разнообразнымъ толкованіямъ, какъ напримѣръ, опредѣленіе состоянія (атомъ, іонъ или молекула), въ которомъ кислородъ дѣйствуетъ на фосфоръ, дальше окисленіе нѣкоторыхъ другихъ веществъ, или-же, наконецъ, іонизація воздуха, вызванная окисляющимъ дѣйствіемъ.

Всей этой статьи не хватило-бы для того, чтобы сдѣлать полный сводъ всего, чего мы не знаемъ относительно окисленія фосфора. Несмотря на свою кажущуюся простоту, явленіе это въ дѣйствительности связано со многими неразрѣшенными химическими вопросами, разъясненіе которыхъ пролило-бы весьма много свѣта на самую природу химическихъ реакцій.

Всегда разсматривали, что строеніе пламени зависитъ отъ химическихъ превращеній, которыя происходятъ въ различныхъ его областяхъ. Съ этой точки зрѣнія въ такомъ пламени, какъ пламя водорода или окиси углерода, если предположить, что во всемъ пламени происходитъ одна и та-же реакція, не должно быть неоднородности строенія, и на самомъ дѣлѣ ея нѣтъ. Ложные взгляды распространились вслѣдствіе употребленія нечистыхъ газовъ: еще до сихъ поръ считаютъ, что водородъ горитъ блѣдно-синимъ пламенемъ.

несмотря на то, что Стасъ уже давно доказалъ, что если водородъ вполнѣ очищенъ, а воздухъ свободенъ отъ пыли, то его пламя, даже въ совершенно темной комнатѣ можетъ быть открыто только благодаря выдѣляемой имъ теплотѣ; это зависитъ отъ того, что спектръ воды заключается цѣликомъ въ ультрафіолетовой части. Присутствіе весьма незначительнаго количества свободнаго кислорода въ окиси углерода уничтожаетъ однородно синій видъ пламени, характерный для вполнѣ чистой окиси углерода. Въ другихъ случаяхъ небольшія количества газообразныхъ примѣсей или атмосферной пыли даютъ начало блескамъ и сіяніямъ, которые часто разсматриваются, какъ существенная составная часть пламени соединяющихся газовъ; наконецъ, края пламени въ воздухѣ могутъ быть часто окрашены вслѣдствіе присутствія окисловъ азота.

Нѣтъ пламени, которое позволяло бы лучше слѣдить за химическими превращеніями, чѣмъ пламя ціана, въ которомъ цвѣтъ ясно обнаруживаетъ обѣ ступени въ окисленіи углерода. За исключеніемъ углеводородовъ очень мáло пламенъ было такъ хорошо изучено съ этой точки зрѣнія. Къ несчастью, нѣтъ газовъ, образованныхъ двумя горючими газообразными элементами, а въ случаѣ фосфористаго водорода и сѣроводорода, которые приближаются къ этому типу газовъ, встрѣчаются серьезныя затрудненія при изученіи пламени; такимъ образомъ мы лишены возможности изученія пламени сложнаго горючаго соединенія въ простѣйшей формѣ.

Пламя углеводородовъ служило, разумѣется, предметомъ большинства изслѣдованій; изученіе вопроса значительно упростилось съ тѣхъ поръ, какъ стали примѣнять изолированные углеводороды вмѣсто ихъ смѣсей, которыя образуютъ каменоугольный газъ и всѣ другія общеупотребительныя горючія вещества.

Въ самомъ началѣ возникаютъ слѣдующіе два вопроса: установить ходъ окисленія углеводорода и объяснить образованіе желтаго свѣтящагося пятна. Что касается свѣченія, то я не думаю, чтобы еще сомнѣвались въ томъ, что оно вызвано выдѣленіемъ внутри пламени малыхъ твердыхъ частицъ, въ данномъ случаѣ углерода. Повидимому, это выдѣ-

леніе можно объяснить дѣйствіемъ высокой температуры синей зоны, разлагающей несгорѣвшіе углеводороды. Такимъ же образомъ выдѣляется мышьякъ, сѣра и фосфоръ изъ своихъ водородныхъ соединеній, но элементы эти вслѣдствіе своей летучести не появляются въ твердомъ видѣ, развѣ только въ томъ случаѣ, если внутрь пламени внести холодный предметъ. Въ случаѣ кремневодорода, элементъ при своемъ выдѣленіи окисляется, образуя твердую нелетучую окись, которая принимаетъ блестящій видъ.

Было сдѣлано много гипотезъ и опытовъ для опредѣленія хода реакціи, благодаря которой углеводородъ распадается съ выдѣленіемъ углерода при высокой температурѣ; но ни мнѣніе Бертело, по которому углеродъ образуется вслѣдствіе непрерывнаго накопленія углеводородныхъ молекулъ съ выдѣленіемъ водорода, ни гипотеза Люиса, по которой образованіе и быстрое распаденіе ацетилена лежитъ въ основѣ явленія, не отвѣчаютъ на мой взглядъ дѣйствительности, и едва ли эти гипотезы примѣняются нынѣ изслѣдователями, изучающими эту область.

Безъ сомнѣнія весьма трудно опредѣлить путемъ опыта характеръ видоизмѣненій, претерпѣваемыхъ углеводородомъ при его нагрѣваніи; впрочемъ, можно возразить, что то, что происходитъ при соприкосновеніи со стѣнками сосуда, можетъ и не быть похожимъ на явленіе, происходящее внутри газовой оболочки пламени. Я надѣюсь, что изслѣдованія профессора Бона прольютъ свѣтъ на этотъ вопросъ.

Процессъ окисленія углеводородовъ былъ предметомъ многочисленныхъ и тщательныхъ изслѣдованій, давшихъ обильные разультаты.

Мнѣ кажется, что теперь никто изъ изслѣдователей этой области не станетъ утверждать, что водородъ окисляется сравнительно легко, или же, что въ присутствіи не вполнѣ достаточнаго количества кислорода водородъ окисляется, а углеродъ выдѣляется въ свободномъ видѣ. Взрывъ смѣси, образованной равными объемами этилена и кислорода, при которомъ весь углеродъ окисляется, а водородъ выдѣляется въ свободномъ видѣ, противорѣчитъ этому взгляду. Къ тому же легко замѣтить, что при сгораніи углеводородовъ съ ограниченнымъ количествомъ кислорода, какъ это имѣетъ

мѣсто во внутреннемъ конусѣ Бунзенской горѣлки при достаточномъ притокѣ воздуха, нѣтъ выдѣленія твердаго углерода, а собранные продукты горѣнія заключаютъ сообразно анализу много свободнаго водорода и весьма мало неокисленнаго углерода. При описаніи этого явленія я его назвалъ „предпочтительнымъ окисленіемъ“ углерода. Но я не хочу придавать этому выраженію болѣе общаго смысла; вѣдь при анализѣ химическихъ превращеній мы принимаемъ въ разсчетъ только начальное и конечное состояніе соединенія, поэтому если-бы на основаніи моего опредѣленія пожелали воспроизвести полную схему реакціи, то я во избѣжаніе возможности ложныхъ толкованій предпочелъ бы отказаться отъ него.

Мастерскія изслѣдованія, выполненныя въ Манчестерскомъ университетѣ профессоромъ Бономъ и его сотрудниками, дали намъ весьма цѣнныя указанія относительно окисленія углеводородовъ въ самыхъ широкихъ предѣлахъ температуры, начиная съ температуры, при которой окисленіе становится замѣтнымъ, и кончая наивысшими температурами, которыя существуютъ въ пламени. Теорія профессора Бона не заключаетъ въ себѣ понятія о „предпочтительномъ окисленіи“ водорода, или углерода, но разсматриваетъ реакцію, какъ происходящую въ нѣсколько строго опредѣленныхъ стадіяхъ, въ каждой изъ которыхъ кислородъ присоединяется къ молекулѣ углеводорода, образуя промежуточные продукты окисленія, какъ то: спирты, альдегиды и др.

Упомянутая выше реакція между равными объемами этилена и кислорода можетъ быть выражена по проф. Бону слѣдующей схемой:

$$\begin{array}{ccccccc} CH_2 & & CH.OH & & CH.OH & & H_2CO \rightarrow H_2 + CO \\ \| & \rightarrow & \| & \rightarrow & \| & \rightarrow & \\ CH_2 & & CH_2 & & CH.OH & & H_2CO \rightarrow H_2 + CO \end{array}$$

этиленъ	виниловый спиртъ	этиленъ гликоль	муравьиный альдегитъ	водородъ	окись углерода

Не можетъ быть никакого сомнѣнія на счетъ фактическаго матеріала, на которомъ основана приведенная схема; она представляетъ новый и цѣнный вкладъ въ изучаемую нами область.

Благодаря изслѣдованіямъ Ле-Шателье, вопросъ о температурѣ пламенъ значительно подвинулся впередъ за послѣднее время. Хорошо извѣстная статья Малляра и Ле-Шателье о взрывѣ газовъ видоизмѣняетъ данныя, на основаніи которыхъ вычисляли до сихъ поръ съ неособенною точностью температуру пламенъ; термоэлектрическая пара, усовершенствованная Ле-Шателье, была первымъ приборомъ, позволившимъ произвести первыя непосредственныя измѣренія съ удовлетворительною точностью. Чтобы составить себѣ понятіе о неточности прежнихъ измѣреній, достаточно сопоставить рядъ температуръ, приписанныхъ въ различныя эпохи пламени каменноугольнаго газа, горящаго въ Бунзенской горѣлкѣ: числа этого ряда колеблются отъ 1,230° до 2,350°.

Трудности, представлявшіяся при примѣненіи термоэлектрическихъ элементовъ, уже превзойдены. Главная изъ нихъ заключалась въ томъ, что нужно было бы спаю термоэлемента дать возможность принимать температуру изслѣдуемой зоны. Такъ какъ о ыкновенно пламя представляетъ весьма тонкіе слои горящаго газа, температу[illegible]а которыхъ быстро мѣняется при переходѣ отъ одного края пламени къ другому, то необходимо употреблять тонкіе металлическіе проволоки и располагать ихъ такъ, чтобы не было значительной потери тепла на мѣстѣ спая. Постепенно примѣняя для элементовъ металлическія проволоки все меньшей толщины, возможно вычислить путемъ экстраполяціи температуру, которую показывалъ бы термоэлементъ безконечно малой толщины, и ввести такимъ образомъ поправку на разницу между большею лучеиспускательной способностью элемента и меньшею горящаго газа. Ваггенеръ въ Германіи получилъ безъ этой послѣдней поправки для пламени Бунзенской горѣлки максимальную температуру 1,770°. Уайтъ и Траверъ въ Америкѣ получили 1,780°. Послѣ введенія поправки на лучеиспусканіе Беркенбушъ нашелъ для максимальной температуры 1,830°

Ш. Фери искуснымъ примѣненіемъ своего оптическаго пирометра къ опредѣленію температуры пламени, заключающаго въ себѣ натрій, опредѣлилъ наивысшую температуру въ пламени Бунзенской горѣлки въ 1871°.

Температура пламени играетъ особенно важную роль въ Ауэровскихъ лампахъ. Главнымъ усовершенствованіемъ эффективности горѣлки мы обязаны открытію того явленія, что чѣмъ меньше внѣшняя поверхность пламени, тѣмъ выше его средняя температура; несмотря на то, что лучеиспускательная способность колпачка приблизительно пропорціональна абсолютной температурѣ, даже слабое повышеніе послѣдней оказываетъ большое вліяніе на силу свѣта.

Изъ всѣхъ углеводородовъ наивысшей температурой обладаетъ кислородо-ацетиленовое пламя; послѣдняя достигаетъ 3,500° и приближается къ температурѣ вольтовой дуги.

Я уже говорилъ о свѣченіи пламенъ, вызванномъ выдѣленіемъ раскаленнаго углерода въ твердомъ видѣ; теперь остается разобрать вопросъ болѣе общій, а именно свѣченіе пламени, состоящаго только изъ газовъ.

По самой древней теоріи свѣтоиспусканія газовъ, вступающихъ въ химическое соединеніе, энергія, освобождаемая во время реакціи въ формѣ теплоты, накаливаетъ газы, т. е. до такой степени увеличиваетъ силу ударовъ ихъ молекулъ, что встрѣчи послѣднихъ даютъ начало колебаніямъ, длины волнъ которыхъ лежатъ въ предѣлахъ видимыхъ радіацій. Противъ этого объясненія было много возраженій, и теперь оно признано недостаточнымъ. На самомъ дѣлѣ, если бы продукты горѣнія были доведены до средней температуры, господствующей въ пламени, то этого было бы недостаточно, чтобы сдѣлать ихъ свѣтящимися. Такимъ образомъ намъ нужно заключить, что свѣченіе пламени не является слѣдствіемъ повышенія температуры, а только сопровождаетъ его. Если мы хотимъ пойти дальше, то намъ придется разсматривать не всю совокупность явленія, а работу каждой молекулы; мы скажемъ, что вступающіе въ соединеніе атомы, теряя химическую энергію, образуютъ выбрирующіе системы, число колебаній которыхъ лежитъ въ предѣлахъ видимыхъ радіацій. Очевидно, что такія вибрирующія системы, образующіяся мгновенно, могутъ вслѣдствіе взаимныхъ столкновеній пріобрѣтать все возрастающія скорости перемѣщенія, благодаря чему большая часть ихъ энергіи превращается въ теплоту. Съ этой точки зрѣнія высокая температура пламени была бы скорѣе слѣдствіемъ, чѣмъ причиною его яркости.

Вопросъ о механизмѣ свѣченія пламени, какъ и много другихъ, разбирается теперь съ точки зрѣнія теоріи электроновъ, поэтому химику вполнѣ позволительно отказаться отъ его дальнѣйшаго изслѣдованія.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ я указывалъ на наше малое знакомство съ химическими превращеніями, претерпѣваемыми металлическими солями, когда ихъ вводятъ въ пламя. Хотя, напримѣръ, всѣ были согласны, что желтое пламя поваренной соли обязано своимъ цвѣтомъ выдѣляющемуся въ свободномъ видѣ металлическому натрію, но на счетъ механизма этого явленія господствовало большое разногласіе. Арреніусъ, опираясь на аналогію между газами и разбавленными растворами, пришелъ къ заключенію, что электропроводность пламени, заключающаго пары соли, зависитъ отъ іонизаціи послѣдней; на основаніи этого можно было бы предполагать, что свѣтъ пламени обусловленъ присутствіемъ металла въ видѣ іона. Опыты, поставленные для выясненія этого вопроса, повидимому, показали, что металлъ возстановляется химически и свѣтитъ безъ предварительной іонизаціи. При введеніи, напримѣръ, поваренной соли въ пламя свѣтильнаго газа, хлористый натрій выдѣляетъ металлъ, благодаря совмѣстному дѣйствію углерода и возстановляющихъ газовъ. Когда выдѣленію металла препятствуютъ введеніемъ въ пламя паровъ соляной кислоты, желтый цвѣтъ пламени исчезаетъ, между тѣмъ какъ электропроводность его отъ этого не уменьшается. На основаніи приведенныхъ явленій проще всего допустить, что соли или окислы металловъ претерпѣваютъ въ пламени термическую диссоціацію.

Время, потребное для освобожденія металлическаго атома, можетъ быть крайне незначительно; но не слѣдуетъ забывать, что даже столь короткій промежутокъ времени, какъ между двумя послѣдовательными молекулярными встрѣчами, достаточенъ для эмиссіи цѣлыхъ тысячъ характерныхъ свѣтовыхъ колебаній.

Опыты, о которыхъ я упоминалъ, были произведены профессоромъ Г, А. Уильсономъ [1]); они значительно расширили наши свѣдѣнія объ электрическомъ состояніи пламени,

[1]) См. „Физ. Обозр.“, 1910 г, стр. 155.

заключающаго соляные пары; но вопросъ о состоянiи свѣтящихся газовъ еще далеко не рѣшенъ.

Ленаръ на основанiи весьма важныхъ и интересныхъ изслѣдованiй показалъ, что потокъ свѣтящихся паровъ хлористаго натрiя въ пламени Бунзенской горѣли претерпѣваетъ подъ влiянiемъ электрическаго поля отклоненiе, направленiе котораго указываетъ на то, что пары заряжены положительно.

Какъ извѣстно, спектральныя линiи щелочныхъ металловъ распадаются на отдѣльныя серiи, въ каждой изъ которыхъ существуетъ строго опредѣленная зависимость между числами колебанiй, отвѣчающими отдѣльнымъ спектральнымъ линiямъ. Главныя серiи, заключающiя въ себѣ рѣзко видимыя линiи, обязаны по Ленару своимъ происхожденiемъ электрически нейтральнымъ атомамъ. Въ пламени спирта, заключающаго поваренную соль, и въ другихъ пламенахъ съ низкой температурою, накаленный газовый потокъ не обнаруживаетъ въ электрическомъ полѣ заряда. Въ пламени Бунзенской горѣлки, пары соли даютъ кромѣ отчетливыхъ линiй главныхъ серiй, расплывчатыя свѣтлыя полосы, представляющiя, по Ленару, низшiя, не развитыя серiи; атомы, дающiе начало этимъ серiямъ, отклоняются въ электрическомъ полѣ.

Можно заключить, что въ насыщенномъ солью пламени Бунзенской горѣлки, свѣтъ исходитъ отъ различныхъ центровъ лучеиспусканiя; главныя серiи берутъ свое начало отъ нейтральныхъ атомовъ, а низшiя серiи перваго, второго и третьяго порядка отъ атомовъ, потерявшихъ одинъ, два или три электрона. Ленаръ идетъ еще дальше и показываетъ, что пары соли, какъ въ пламени Бунзенской горѣлки, такъ и въ Вольтовой дугѣ, испускаютъ лучи различнаго характера въ зависимости отъ мѣста пламени или дуги, изъ котораго они исходятъ, такъ напримѣръ, пары соли на краяхъ пламени электрически нейтральны и даютъ только спектральныя линiи главныхъ серiй. Отрицательное электричество въ пламени, насыщенномъ солью, по Ленару разсѣивается, и послѣднiе опыты Гольда подтверждаютъ предположенiе, что носителями отрицательныхъ зарядовъ въ пламени являются свободные электроны. При разборѣ этого воп-

роса слѣдуетъ упомянуть о послѣднихъ работахъ профессора Гартли, проливающихъ свѣтъ на химическія превращенія, претерпѣваемыя щелочно-земельными металлами въ пламени и на взаимную связь этихъ превращеній съ различными измѣненіями общаго вида спектровъ.

При изученіи этой области я пришелъ къ заключенію, что химики должны обратить особое вниманіе на нѣкоторыя стороны вопроса о происхожденіи спектровъ. Спектральный анализъ развился благодаря совмѣстной дѣятельности Бунзена и Кирхгоффа; мнѣ кажется, что изложенныя нами здѣсь вопросы потребуютъ еще болѣе тѣснаго сотрудничества между химиками и физиками.

Телерайтеръ.

Введеніе телерайтера устранитъ ошибки и недоразумѣнія, возникающія столь часто въ дѣловой жизни вслѣдствіе неправильной передачи телефонныхъ сообщеній, и позволитъ обойтись безъ письменнаго подтвержденія разговоровъ по телефону, какъ это практикуется теперь.

Телерайтеръ состоитъ изъ передающаго и воспринимающаго аппаратовъ. Посылаемое сообщеніе пишутъ карандашемъ на цилиндрическомъ сверткѣ бумаги, прикрѣпленномъ къ передающему аппарату, а оно точно воспроизводится перомъ и чернилами на воспринимающемъ приборѣ. Карандашъ передатчика помѣщенъ въ мѣстѣ соединенія двухъ стержней, каждый изъ которыхъ, въ свою очередь, соединенъ со вращающеюся стрѣлкою. Стрѣлки приводятъ въ движеніе контакты и этимъ вызываютъ измѣненіе направленія въ двухъ электрическихъ цѣпяхъ. Цѣпи питаютъ двѣ подвижныя катушки, подвѣшенныя въ электромагнитномъ полѣ воспринимающаго аппарата, а шарнирные стержни, соединенные съ этими катушками, приводятъ въ движеніе перо, воспроизводящее на сверткѣ бумаги воспринимающаго аппарата то, что написано на передающемъ аппаратѣ.

Такимъ образомъ всякое движенiе карандаша передатчика разлагается на два слагающiя движенiя, которыя вызываютъ измѣненiе положенiя двухъ катушекъ воспринимающаго прибора. Эти катушки приводятъ въ движенiе оба рычага, съ которыми соединено воспринимающее перо, и этимъ воспроизводятъ движенiя карандаша передатчика.

Когда свободная для писанiя бумага передаточнаго аппарата исписана, механически подается новая, если выдвинуть рычагъ; благодаря этому, одновременно въ обѣ линiи посылается токъ, который при посредствѣ рэле соотвѣтственно передвигаетъ бумагу на воспринимающемъ приборѣ.

Раньше, чѣмъ приступить къ писанiю, нажимаютъ на передатчикѣ кнопку, чѣмъ автоматически обезпечивается соотвѣтственное положенiе рычага на воспринимающемъ аппаратѣ. Воспринимающее перо, до того момента, пока устанавливается контактъ карандашемъ передатчика, покоится въ чернильницѣ, вслѣдствiе чего всегда подается достаточное количество чернилъ. Телерайтеръ снабженъ тоже телефономъ, и по одной и той-же линiи можно сообщаться любымъ изъ этихъ способовъ, однако, не одновременно.

Преимущество телерайтера надъ телефономъ заключается въ томъ, что если вызваннаго лица нѣтъ дома, то сообщенiе можетъ быть написано и ожидать его прихода. Нѣтъ никакой нужды, чтобы кто нибудь слѣдилъ за приборомъ при полученiи сообщенiй, и онъ записываетъ исправно до тѣхъ поръ, пока не исчерпанъ запасъ бумаги на цилиндрическомъ сверткѣ.

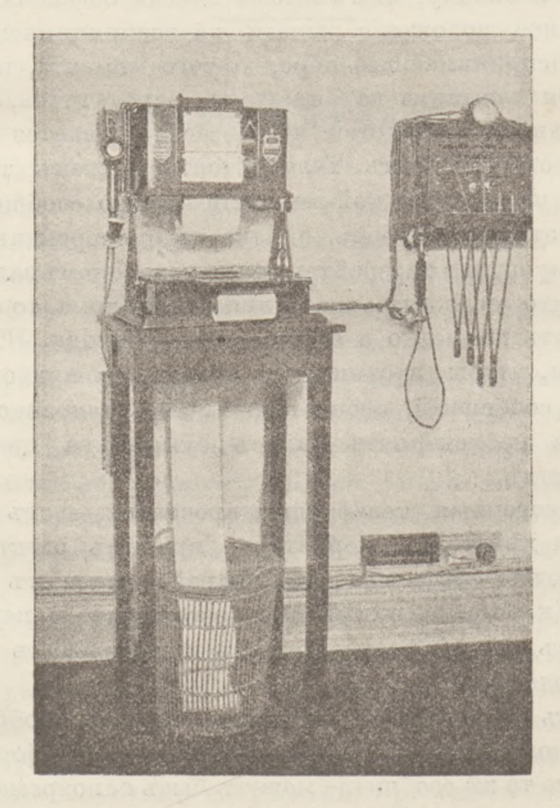
Обыкновенныя телефонныя проволоки,—вотъ все, что нужно для дѣйствiя телерайтера, причемъ электрическую энергiю можно брать или отъ батарей, или-же отъ центральной станцiи. Можно примѣнять постоянные и перемѣнные токи, но въ случаѣ послѣднихъ въ цѣпь долженъ быть введенъ выпрямитель.

Одинъ передаточный аппаратъ можетъ сообщаться съ любымъ количествомъ воспринимающихъ приборовъ, такъ что одно и то же сообщенiе можетъ быть одновременно передаваемо различнымъ получателямъ.

Главный начальникъ англiйскихъ почтъ далъ синдикату телерайтеровъ концессiю на 21 годъ, и съ 1911 года,

послѣ истеченія срока концессіи Національнаго телефоннаго общества, синдикатъ телерайтеровъ получитъ возможность развить свою дѣятельность особенно широко.

Въ настоящее время телерайтеры установлены, главнымъ образомъ, на частныхъ линіяхъ и работаютъ вполнѣ удовлетворительно во многихъ складахъ, магазинахъ и конторахъ. Письменныя сообщенія и рисунки въ видѣ опыта были также передаваемы съ разрѣшенія соотвѣтствующихъ властей по главной телефонной сѣти почтоваго вѣдомства изъ Лондона въ Манчестеръ. Теперь строятся тоже спеціальные приборы для передачи сообщеній по главной сѣти между Лондономъ и Парижемъ.



Фиг. 1.

Передающій и воспринимающій аппаратъ телерайтеръ вмѣстѣ съ телефономъ.

Къ методикѣ преподаванія физики.

Б. Ю. Кольбе.

1. Новое направленіе въ преподаваніи физики въ Германіи.

I. Долженъ-ли быть курсъ радіальнымъ (систематическимъ) или концентрическимъ?

У насъ въ Россіи министерскіе учебные планы до сихъ поръ имѣли въ виду курсъ радіальный, при которомъ каждый отдѣлъ проходится одинъ разъ, и только въ послѣднемъ классѣ предполагается краткое повтореніе курса физики.

Въ педагогической комиссіи при Р. Ф.-Х. Обществѣ въ С.-Петербургѣ, работавшей подъ предсѣдательствомъ профессора О. Д. Хвольсона въ 1909—1910 году, поборники концентрическаго курса, къ числу которыхъ принадлежитъ и авторъ, приводили въ защиту этого курса слѣдующія соображенія:

1) Въ различныхъ классахъ умственное развитіе учениковъ, равно какъ и ихъ математическая подготовка, настолько неодинаковы, что при распредѣленіи курса на 3 или 4 года равномѣрная переработка всѣхъ отдѣловъ физики является дѣломъ невозможнымъ.

2) Ученикъ долженъ сперва учиться наблюдать и постепенно пріобрѣтать навыкъ дѣлать выводы изъ наблюдаемыхъ имъ явленій [1]). А это возможно лишь тогда, когда сначала на первый планъ выдвигается качественная сторона явленій; тутъ надо по возможности исходить изъ явленій обыденной жизни и только затѣмъ уже при помощи измѣрительныхъ опытовъ устанавливать количественныя соотношенія.

[1]) См. F. Bohnert, Unterrichtsblätter für Mathem. u. Naturw. XIX, 1908, № 6, 119.

Пояснимъ это нѣсколькими примѣрами:

1. I ступень. Демонстрація расширенія тѣлъ при нагрѣваніи.
II ступень. Опредѣленіе коэффиціентовъ расширенія (*Fe*, *Cu*, *Zn*).

2. I ступень. Демонстрація поглощенія различными тѣлами одинаковаго вѣса и одинаковой температуры различныхъ количествъ тепла (опытъ Тиндаля).
II ступень. Опредѣленіе удѣльной теплоты нѣкоторыхъ тѣлъ (*Fe*, *Pb*, *Cu*, *Al*).

3. I ступень. Демонстрація того, что при переходѣ свѣта изъ одной среды въ другую уголъ преломленія меньше угла паденія, если скорости распространенія свѣта во второй средѣ меньше скорости въ первой и наоборотъ.
II ступень. Изслѣдованіе путемъ опыта соотношенія $Sin\ \alpha / Sin\ \beta = Const =$ отношенію скоростей свѣта въ обѣихъ средахъ (опредѣленіе показателя преломленія).

4. I ступень. Демонстрація: сопротивленіе твердаго или жидкаго проводника зависитъ отъ длины поперечнаго сѣченія и вещества (тутъ очень удобенъ и нагляденъ шестерной манометръ).
II ступень. Измѣреніе внѣшняго сопротивленія (гальваноскопъ и витстоновъ мостъ) и сопротивленія внутренняго (амперметръ и реостатъ).

Къ приведеннымъ выше основаніямъ надо прибавить еще слѣдующее: нѣкоторыя части механики представляютъ наибольшую трудность при прохожденіи курса физики, такъ какъ онѣ требуютъ наибольшихъ предварительныхъ познаній по математикѣ; напротивъ, другія части механики (въ особенности гидромеханика и аэромеханика, а также рычагъ, вѣсы, удѣльный вѣсъ и т. п.) усваиваются легко, являясь въ то же время необходимыми для пониманія другихъ отдѣловъ физики.

Отсюда слѣдуетъ, что только концентрическій курсъ можетъ соотвѣтствовать познаніямъ самихъ учениковъ того или другого класса.

Эти соображенія казались автору столь ясными, что раздѣленіе большинства теперешнихъ новыхъ нѣмецкихъ учебниковъ физики для средней школы на низшую ступень и высшую ступень было для него чѣмъ то уже само собой подразумѣвающимся. Тѣмъ сильнѣе было его изумленіе, когда во время его пребыванія въ Германіи, лѣтомъ 1910 года, онъ услыхалъ тамъ отъ двухъ выдающихся преподавателей физики, одного въ Берлинѣ и другого въ Гамбургѣ, что они ввели концентрическое преподаваніе лишь потому, что для испытанія на званіе вольноопредѣляющагося требуется законченный курсъ физики.

Большая часть преподавателей въ силу перваго изъ приведенныхъ выше соображеній высказалась за концентрическій курсъ. Но, съ другой стороны, автору пришлось слышать, что въ Саксоніи опять возвратились къ радіальному курсу, не приводя въ защиту этого перехода сколько нибудь рѣшающихъ соображеній.

Относительно господствующей въ Германіи практики прохожденія всѣхъ отдѣловъ физики на низшей и высшей ступеняхъ можно спорить, потому что при недостаточно опытномъ преподавателѣ курсъ высшихъ классовъ легко можетъ свестись къ повторенію физики низшей ступени. Поэтому вышеупомянутая комиссія высказала пожеланіе, чтобы при прохожденіи курса концентрически низшая ступень его обнимала не всѣ отдѣлы физики, но лишь наиболѣе понятныя ея части.

Очень интересны условія школьной работы въ Гамбургѣ. Членъ училищнаго совѣта проф. д-ръ М. Брютъ сказалъ мнѣ слѣдующее: „Мы довѣряемъ директорамъ нашихъ школъ, а они—своимъ учителямъ. Необходимо пройти опредѣленный минимумъ, а какъ именно—это дѣло учителя[1]). Ему предоставляется полная свобода проходить подробнѣе тотъ или другой отдѣлъ.

Въ соотвѣтствіи со сказаннымъ я могъ наблюдать въ Гамбургѣ, что одни и тѣ же отдѣлы физики разсматривались

[1]) Въ Германіи говорятъ о томъ, чтобы этотъ „обязательный минимумъ" еще понизить и такимъ образомъ выиграть время для углубленія познаній въ наиболѣе важныхъ областяхъ физики.

различными учителями совершенно различно, каждый разъ соотвѣтственно дарованіямъ или наклонностямъ класса [1]).

Такая точка зрѣнія и будетъ единственно правильной. Наше Министерство Народнаго Просвѣщенія еще не заняло опредѣленной позиціи по отношенію къ вопросу о концентрическомъ курсѣ. Когда авторъ предпринялъ въ 1909 году анкету о состояніи преподаванія физики въ нашихъ среднихъ школахъ, то въ полученныхъ отвѣтахъ значительное большинство преподавателей физики высказало пожеланія о введеніи концентрическаго курса [2]).

2. Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

Вслѣдъ за Сѣверной Америкой и Англіей, гдѣ уже съ давнихъ поръ въ преподаваніи физики исходили изъ практическихъ занятій въ лабораторіи или даже исключительно ими ограничивались, введеніе практическихъ занятій наряду съ класснымъ демонстраціоннымъ преподаваніемъ началось въ Германіи, если не считать отдѣльныхъ піонеровъ, около 20 лѣтъ тому назадъ, у насъ въ Россіи около 10 лѣтъ тому назадъ.

Когда на первомъ съѣздѣ преподавателей физики въ С.-Петербургѣ, въ январѣ 1902 г., былъ поднятъ вопросъ о практическихъ занятіяхъ въ средней школѣ, всѣ присутствующіе преподаватели безъ исключенія признали, что „практическія занятія по физикѣ не только желательны, но рѣшительно необходимы“.

Съ тѣхъ поръ эти практическія занятія введены примѣрно въ 30% нашихъ школъ, притомъ по большей части они необязательны и пока выполняются въ неучебное время.

Практическія занятія по физикѣ до сихъ поръ не являются требованіемъ правительства; они предоставлены иниціативѣ директоровъ и преподавателей. Въ силу этого по своему характеру они представляютъ такія различія, что говорить по этому предмету болѣе подробно мы здѣсь не имѣемъ возможности.

---

[1]) Въ силу этого, напримѣръ, въ извѣстномъ учебникѣ физики Гримзеля различные отдѣлы физики изложены очень неравномѣрно: одни попроще, другіе—поглубже.

[2]) „О современномъ состояніи преподаванія физики въ средне-учебныхъ заведеніяхъ въ Россіи“. Физическое Обозрѣніе, 1909 г. №№ 4 и 5.

Въ Германіи все болѣе и болѣе прокладываетъ себѣ дорогу убѣжденіе, что плодотворное преподаваніе физики возможно только на основѣ практическихъ занятій, выполняемыхъ самими учениками.

Въ особенности въ послѣдніе три года вступили на новый путь Гамбургъ, Баварія и Пруссія.

Сначала ученики,—гдѣ это возможно, всѣ ученики,—должны ознакомиться съ явленіями посредствомъ опытовъ, выполняемыхъ ими лично. Потомъ результаты ихъ наблюденій подвергаются обработкѣ въ классѣ. Демонстраціи въ классѣ ограничиваются лишь такими опытами, постановка которыхъ для ученическихъ работъ была бы слишкомъ сложна и трудна, или потребовала бы такихъ приборовъ, которые имѣются въ кабинетѣ лишь въ одномъ экземплярѣ. Таковы, напримѣръ, приборы для точныхъ измѣреній.

Тамъ, гдѣ приборы имѣются въ достаточномъ числѣ, ученики при выполненіи извѣстной задачи работаютъ каждый отдѣльно („на одинъ фронтъ"), въ противномъ случаѣ группами по 2 человѣка и лишь въ крайнемъ случаѣ по 3 человѣка. Каждый ученикъ ведетъ въ черновой тетради запись и обрабатываетъ результаты къ ближайшему уроку въ особой чистовой тетради, въ которой должны быть выполнены схематическіе чертежи употребляемыхъ при работѣ приборовъ, ихъ расположеніе въ данномъ опытѣ и, гдѣ это нужно, графики.

При опытахъ измѣрительнаго характера результаты, полученные отдѣльными учениками или группами, которыя выполнили одно и то же измѣреніе, напримѣръ, удѣльный вѣсъ одного и того же куска мѣди, желѣза, алюминія, стекла и т. д., сопоставляются въ формѣ таблицы на стѣнной доскѣ; таблицу эту ученики списываютъ и подвергаютъ совмѣстной обработкѣ.

Тутъ каждый ученикъ выясняетъ себѣ понятіе объ „ошибкѣ наблюденія" и приходитъ къ той важной мысли, что каждое отдѣльное наблюденіе представляетъ собой лишь приближеніе къ истинной величинѣ. Ученикъ видитъ, что точные результаты достигаются лишь путемъ многочисленныхъ и тщательныхъ измѣреній и такимъ образомъ онъ научается цѣнить значеніе точной работы!

По характеру своему практическія занятія распадаются на 4 типа:

1) Обязательныя работы въ учебное время.

2) Обязательныя работы въ неучебное время.

3) Необязательныя работы въ неучебное время.

4) Практическія занятія, соединенныя съ ручнымъ производительнымъ трудомъ.

Первый и лучшій видъ практическихъ работъ производится, какъ мнѣ пришлось видѣть, прямо образцово въ реальныхъ училищахъ съ 9-лѣтнимъ курсомъ (Oberrealschule) Пруссіи, Гамбурга и Баваріи, а также въ нѣкоторыхъ реальныхъ гимназіяхъ (Realgymnasien), напримѣръ, въ Доротеенской въ Берлинѣ и другихъ гимназіяхъ этого типа въ Гамбургѣ и Мюнхенѣ. Было истиннымъ наслажденіемъ видѣть, съ какимъ усердіемъ работали молодые люди, и какъ цѣлесообразно руководили ихъ занятіями.

Необязательныя занятія я находилъ по преимуществу въ гимназіяхъ, чему причиной является тѣснота помѣщеній. Тамъ, гдѣ за послѣднее время предприняты новыя постройки или же перестройки, по большей части уже озаботились устройствомъ соотвѣтственныхъ обширныхъ помѣщеній.

Практическія занятія съ проведеніемъ одновременно курса ручного труда я видѣлъ въ ремесленныхъ школахъ въ Мюнхенѣ, въ особенности въ великолѣпно оборудованной Prankschule; какъ мнѣ передавали, занятія этого рода ведутся также въ одномъ реальномъ училищѣ (Oberrealschule) въ Людвигсгафенѣ на Рейнѣ. Благодаря особымъ обстоятельствамъ, въ Kreis-Oberrealschule въ Аугсбургѣ, въ распоряженіе преподавателей естественныхъ наукъ предоставлено 11 комнатъ и 2 физическихъ кабинета: одинъ для низшей ступени и другой для высшей.

Поразительно, что въ Саксоніи практическія занятія оффиціально введены лишь въ 1909—10 году, но въ нѣкоторыхъ школахъ въ различныхъ городахъ эти занятія были введены уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ, и попытки сопровождались хорошими результатами.

Что касается органической связи между практическими занятіями по физикѣ и класснымъ преподаваніемъ,

то въ этомъ отношеніи въ Германіи еще не наблюдается какой либо согласованности. Общераспространеннымъ является стремленіе не „присоединять“ практическія занятія къ обычному курсу физики, но класть ихъ въ основу ея преподаванія.

Очень назидательны были для меня слова завѣдывающаго Мюнхенскими городскими училищами (Stadtschulrat), д-ра Георга Кершенштейнера, который въ сотрудничествѣ съ профессоромъ Карломъ Т. Фишеромъ въ теченіе послѣднихъ трехъ лѣтъ довелъ преподаваніе физики въ баварскихъ ремесленныхъ и реальныхъ училищахъ (типа Oberrealschule) до высокой степени процвѣтанія. Онъ сказалъ мнѣ по этому поводу слѣдующее: Не существуетъ какого либо единственно правильнаго метода преподаванія физики въ особенности теперь, когда вырабатываются новые пріемы преподаванія; пусть каждый учитель попробуетъ справиться со своей задачей наилучшимъ образомъ, сперва хотя бы даже цѣной неудачъ. Путемъ взаимнаго обмѣна мнѣній самъ собой создастся правильный методъ, который будетъ считаться, какъ съ мѣстными условіями, такъ и индивидуальными склонностями учителей и учениковъ.

Тутъ во второй разъ я услышалъ отъ дальновиднаго знатока средней школы протестъ противъ „шаблона“.

Въ этомъ освѣщеніи слѣдуетъ разсматривать также извѣстную книгу Гана о практическихъ занятіяхъ по физикѣ. Въ книгѣ этой указано, какъ можно проводить практическія занятія. То, что Ганъ слѣдуетъ англійскимъ образцамъ, дѣлу не вредитъ, но тѣмъ не менѣе новое изданіе его книги будетъ, навѣрно, болѣе приспособлено къ условіямъ нѣмецкой школы.

Отраднымъ фактомъ надо считать признаніе баварскимъ министромъ пользы практическихъ занятій; министръ обѣщалъ ландтагу, въ іюнѣ 1910 года, позаботиться о введеніи обязательныхъ практическихъ занятій по физикѣ въ гимназіяхъ.

3. Оборудованіе ученическихъ лабораторій.

Кто читалъ упомянутую книгу Гана[1] о практическихъ занятіяхъ по физикѣ въ средней школѣ, тотъ будетъ пораженъ, увидавъ двѣ тѣсныхъ комнаты, которыя до настоящаго времени только и были въ его распоряженіи, и гдѣ тѣмъ не менѣе упорно работали. Съ лѣта 1910 года у профессора Гана имѣется уже 6 комнатъ, уборная и 2 балкона. Что реальныя училища (девятиклассныя) въ отношеніи средствъ и оборудованія стоятъ выше всѣхъ другихъ школъ, слѣдуетъ изъ самаго существа дѣла. Наиболѣе совершенно оборудованными показались мнѣ лабораторныя помѣщенія въ школахъ гамбургскихъ; самую роскошную химическую лабораторію я видѣлъ въ Klinger-Oberrealschule во Франкфуртѣ на Майнѣ; какъ мнѣ передавали,—это даръ франкфуртскихъ гражданъ.

Въ особенности понравилась мнѣ мастерская реальнаго училища auf der Uhlenhorst въ Гамбургѣ, гдѣ прекрасный токарный станокъ, верстакъ и богатый наборъ инструментовъ какъ бы сами наталкиваютъ учителя на изготовленіе приборовъ. Здѣсь, какъ и во многихъ другихъ школахъ Германіи, изготовляется большая часть приборовъ, необходимыхъ для практическихъ занятій, благодаря чему школьныя мастерскія быстро окупаются; сверхъ того, онѣ даютъ возможность преподавателямъ естествовѣдѣнія изготовлять новые приборы, починять или, если необходимо, перестраивать уже имѣющіеся приборы.

Менѣе богато обставлены реальныя гимназіи и наиболѣе скудно гимназіи и (шестиклассыя) реальныя училища; здѣсь число уроковъ физики (8 часовъ въ недѣлю) меньше, чѣмъ у насъ (9 часовъ, а по новой программѣ 10 часовъ въ недѣлю). Но малое число праздниковъ и не столь продолжительныя вакаціи совершенно покрываютъ эту разницу.

Мы не будемъ здѣсь разсматривать женскія гимназіи, изъ которыхъ я познакомился съ 7-ю, такъ какъ ихъ программы совершенно отличаются отъ нашихъ; тамъ ученицы кончаютъ гимназію въ 16 лѣтъ, а у насъ—въ 18 лѣтъ;

[1]) См. „Физ. Обозр.“, 1909 г., стр. 119.

но въ ближайшемъ времени въ Германіи будетъ проведена реформа женской средней школы.

Городскія училища (Bürgerschulen) во Франкфуртѣ на Майнѣ и въ Мюнхенѣ находятся, какъ мнѣ пришлось видѣть, въ новыхъ школьныхъ зданіяхъ и имѣютъ обширныя помѣщенія. Практическія занятія, соотвѣтствуя задачѣ отдѣльныхъ классовъ и возрасту учащихся, были, несмотря на свой простой характеръ, чрезвычайно цѣлесообразны, въ особенности въ ремесленныхъ и торговыхъ мужскихъ школахъ въ Мюнхенѣ.

Особый интересъ представило посѣщеніе въ Мюнхенѣ Prankschule. Школу эту, созданіе д-ра Георг'а Кершенштейнера, слѣдуетъ рекомендовать всѣмъ интересующимся вопросами образованія. Здѣсь ремесленные ученики и подмастерья обучаются всѣмъ ремесламъ, необходимымъ для избранной ими профессіи. Очень хорошіе результаты дала практика привлеченія къ экзаменамъ представителей отъ ремесленниковъ, съ сужденіями которыхъ весьма и весьма считались. Такимъ путемъ здѣсь установилась тѣсная связь между школой и ремесломъ. Одинъ изъ подобныхъ ремесленниковъ-экспертовъ сказалъ мнѣ съ гордостью: „Эта школа—наша школа“!

Устройство ученическихъ лабораторій, въ зависимости отъ наличности средствъ, весьма неодинаково. Столы, по большей части, разсчитаны на четырехъ учениковъ (200×100 или 120 см.); въ нѣкоторыхъ школахъ они идутъ вдоль стѣнъ. Тамъ, гдѣ къ столамъ проведены газовыя и водопроводныя трубы или устроены штепселя для тока, они стоятъ, разумѣется, на опредѣленномъ мѣстѣ.

Дешевле обходится слѣдующаго рода оборудованіе: въ лабораторіи устанавливается лишь нѣсколько водопроводныхъ крановъ и раковинъ (отъ 4 до 8), а далѣе съ потолка въ два ряда спускаются газовыя трубы, отъ которыхъ уже къ горѣлкамъ идутъ длинныя толстостѣнныя каучуковыя трубки; провода для тока расположены также надъ столами. Благодаря этому, массивные столы можно переставлять и, гдѣ это необходимо, получать длинный столъ для демонстрацій, что очень удобно, напримѣръ, при опытахъ по оптикѣ.

Смотря по числу работающихъ „на одинъ фронтъ“ учениковъ, приборовъ, служащихъ для практическихъ занятій, имѣется по 8—12 экземпляровъ для каждой задачи: вѣсы, разновѣски, гальваноскопы (рѣже вольт- и амперметры) и т. д., причемъ на низшей ступени пользуются особенно простыми (по большей части самодѣльными) приборами; пружинные вѣсы, напримѣръ, изготовляются изъ особенныхъ проволочныхъ спиралей (Hosenträger-Draht-Spiralen) и т. п.

Примѣчаніе. Приборы, вообще говоря, выбираются съ большою обдуманностью. Тѣмъ болѣе поразило меня, что, за исключеніемъ Гамбурга, въ большинствѣ видѣнныхъ мною школъ пользовались вѣсами, плечи которыхъ имѣли такую форму, что нельзя было пользоваться рейтерами. Между тѣмъ рейтеры видны издали. 4-хъ рейтеровъ достаточно, чтобы получить всѣ подраздѣленія отъ 0,01 до 111,1. Сверхъ того, быстрѣе и легче вывѣрить четыре рейтера, чѣмъ наборъ разновѣсокъ, въ особенности дециграммовъ и сантиграммовъ. Другія большія разновѣски (100 гр., 200 гр., 500 гр.), требующіяся при взвѣшиваніи, видны хорошо уже сами по себѣ.

На эту тему мнѣ приходилось неоднократко спорить, но только двое изъ преподавателей физики вполнѣ со мной согласились: Гримзель въ Гамбургѣ и профессоръ Карлъ Т. Фишеръ въ Мюнхенѣ.

Во многихъ школахъ не оказалось также хорошаго витстонова мостика и реостата, на которомъ ученикамъ было бы сразу видно, какъ включаются сопротивленія. Распредѣлительныя доски для сильныхъ токовъ были хороши; при удобствѣ въ обращеніи съ ними, онѣ въ то-же время были вполнѣ понятны для учениковъ по своему устройству.

Выдающіеся представители новаго направленія единогласно указывали мнѣ на желательность такого распредѣленія работы, при которомъ во время практическихъ занятій на одного преподавателя приходилось бы заразъ не болѣе 10 – 12 учениковъ, потому что съ большимъ числомъ ему, какъ слѣдуетъ, уже нельзя справиться.

Въ многолюдныхъ классахъ учащіеся раздѣляются на 2 или на 3 группы; одна изъ нихъ выполняетъ практическія занятія по физикѣ, другая по химіи или по біологіи. Затѣмъ группы мѣняются мѣстами. Работа преподавателей естественныхъ наукъ въ немалой мѣрѣ облегчается тѣмъ, что имъ могутъ оказывать помощь кандидаты на учительскія должности (Lehramtskandidaten; въ Oberrealschule къ тому же бываетъ не менѣе двухъ преподавателей физики[1]).

4. Вопросъ объ учебникѣ.

Каждому преподавателю физики у насъ приходится считаться съ слѣдующимъ неблагопріятнымъ обстоятельствомъ: приборы и опыты, описанные въ данномъ учебникѣ, часто,—въ особенности тамъ, гдѣ дѣло касается приборовъ новыхъ типовъ, совершенно не совпадаютъ съ тѣмъ, что можно и хотѣлось-бы показать ученикамъ. Это обстоятельство особенно неблагопріятно даетъ себя чувствовать при господствующемъ у насъ демонстративномъ преподаваніи. Тутъ представляются два выхода:

Либо при пріобрѣтеніи новыхъ приборовъ надо точно держаться учебника (какъ это очень часто дѣлается у насъ въ провинціи); либо, посколько возможно, считаться съ усовершенствованіями и при этомъ только указывать на отступленія отъ учебника.

Въ первомъ случаѣ ученику и учителю удобнѣе, но усовершенствованію дѣла этимъ ставится большая помѣха, и при первой же замѣнѣ одного учебника другимъ „преимущество" оказываются призрачнымъ: тутъ сразу рядъ приборовъ дѣлается устарѣлымъ.

Во второмъ случаѣ ученики должны слѣдить за преподаваніемъ болѣе внимательно и дѣлать въ особой тетради наброски новыхъ аппаратовъ и опытовъ съ ними; тетрадь эту время отъ времени долженъ просматривать учитель.

---

[1]) Число недѣльныхъ уроковъ физики въ Oberrealschule: въ Пруссіи 12—14, въ Баваріи 13—15, въ Гамбургѣ 16—17.

Опасность преподаванія по шаблону можно предотвратить только при слѣдованіи второму методу, такъ какъ здѣсь выбора нѣтъ.

Въ Германіи я видѣлъ различныя руководства. Многіе дѣльные преподаватели физики въ разговорѣ со мной единогласно высказывались въ томъ смыслѣ, что учебникъ долженъ служить только для повторенія; къ нему слѣдуетъ обращаться лишь тогда, когда тотъ или другой отдѣлъ надо повторить.

Другіе прибавляли къ этому: было-бы хорошо, если-бы каждый отдѣлъ физики составлялъ отдѣльный выпускъ; тогда ученики не моглибы читать учебника преждевременно.

Очень извѣстные преподаватели физики высказывались еще такъ: Учебникъ—дѣло второстепенное; главное-же—это тетради для записей по физикѣ, т. е. обработка записей, касающихся практическихъ занятій; ихъ нужно тщательно вести и добросовѣстно использовать. Въ этомъ то и состоитъ домашняя работа учениковъ. Если ученикъ школы не посѣщалъ, то онъ долженъ прежде всего пополнить свои пробѣлы на практическихъ занятіяхъ, а для этого ему учебникъ не нуженъ. Взглядъ этотъ надо признать безусловно правильнымъ тамъ, гдѣ введены обязательныя практическія занятія.

Теперь, когда новое направленіе пустило въ Германіи глубокіе корни и находитъ все большее и большее распространеніе и у насъ въ Россіи, слѣдуетъ ожидать, что съ теченіемъ времени появятся написанные въ этомъ духѣ учебники, то-есть такія книги, гдѣ будутъ приняты въ разсчетъ и практическія занятія. Разумѣется, появленіе такихъ руководствъ возможно лишь послѣ достаточнаго числа опытовъ въ этой области.

Что касается практическихъ занятій въ связи съ вопросомъ объ ихъ органическомъ соединеніи съ классными преподаваніемъ, то тутъ въ настоящее время слѣдуетъ различать три главныхъ теченія, которыя я могъ бы назвать: школой берлинской, школой гамбургской и школой мюнхенской. Мнѣ здѣсь невольно опять припо-

минается приведенное выше замѣчаніе д-ра Георга Кершенштейнера о томъ, что единственно вѣрнаго метода не существуетъ.

Поэтому и здѣсь также нѣтъ мѣста никакимъ шаблонамъ.

Мнѣ остается указать еще на одно наблюденіе, сдѣланное мной во франкфуртскихъ школахъ. Меня поразили отвѣты учениковъ, которые въ смыслѣ точности опредѣленій и плавности рѣчи были особенно хороши. На мое замѣчаніе по этому поводу директоръ школы отвѣтилъ мнѣ такъ: „Намъ приходилось много бороться съ различными ужасными діалектами, и мы уже давно заботились о томъ, чтобы ученики отвѣчали съ малыхъ лѣтъ законченными предложеніями, которыя при томъ должны быть вполнѣ правильно построены“.

Въ заключеніе я не могу не поблагодарить отъ всего сердца директоровъ школъ и преподавателей физики за то, что они въ неучебное время предоставили мнѣ возможность посѣтить ихъ на дому и подробно въ бесѣдѣ разсмотрѣть тѣ вопросы, которые мнѣ казались важными. Пріятные часы, проведенные съ ними, и вынесенное мной изъ бесѣды стремленіе къ дальнѣйшей работѣ навсегда останутся для меня свѣтлымъ воспоминаніемъ моей жизни.

Особую благодарность я долженъ выразить здѣсь профессору Мюнхенскаго политехникума Карлу Т. Фишеру, раскрывшему предо мной двери своего гостепріимнаго дома на все время моего пребыванія въ Мюнхенѣ и давшему мнѣ возможность познакомиться съ рядомъ интересныхъ людей.

С.-Петербургъ.

Плотность эманаціи радія.

Сэръ Вильяма Рамсея и Р. В. Грея.

Самый надежный способъ установленія атомнаго вѣса газообразнаго элемента заключается въ опредѣленіи его плотности. Въ случаѣ одноатомности элемента, какъ это имѣетъ мѣсто для газовъ серіи аргона, удвоенная плотность даетъ одновременно какъ атомный, такъ и молекулярный вѣсъ.

Мы задались цѣлью опредѣлить положеніе эманаціи радія въ періодической таблицѣ элементовъ, часть которой для большей наглядности мы здѣсь воспроизводимъ въ особой таблицѣ. Въ ней разности между сосѣдними атомными вѣсами обозначены числами въ скобкахъ.

Эманація радія представляетъ, безъ сомнѣнія, недѣятельный газъ; она сжижается, какъ мы показали, Р. Грей и я, въ безцвѣтную жидкость; она не дѣйствуетъ ни на элементарныя, ни на сложныя тѣла; ея спектръ, какъ показалъ Г. Уатсонъ, похожъ на спектръ газовъ аргоновой серіи. Такимъ образомъ, для установленія ея мѣста въ періодической системѣ остается лишь измѣрить ея плотность.

Было сдѣлано нѣсколько попытокъ съ цѣлью опредѣлить эту постоянную при помощи скорости диффузіи; но этотъ методъ далъ мало сходящіеся результаты. Лучшаго результата можно было ожидать отъ послѣдняго опыта Дебьерна, основаннаго на сравненіи скорости истеченія различныхъ газовъ черезъ малое отверстіе. Но Дебьернъ ограничивается только слѣдующимъ указаніемъ: „Для молекулярнаго вѣса эманаціи мы находимъ число близкое 220, причемъ отдѣльныя наши опредѣленія разнятся между собою на 2% или 3%".

Послѣ двухлѣтнихъ попытокъ намъ удалось построить вѣсы изъ сплавленнаго кремнезема, чувствительность которыхъ превышаетъ полумилліонную долю миллиграмма. Ихъ призма имѣетъ длину въ полмиллиметра и покоится на площадкѣ изъ горнаго хрусталя. Эти вѣсы помѣщаются въ частичной пустотѣ; отъ измѣненія давленія малая ампулька изъ кремнезема, заключающая извѣстное количество воздуха, измѣняетъ свой вѣсъ, вслѣдствіе вытѣсненія окружающаго

V		*N* 14 (17)	*P* 31 (44)	*As* 75 (45)	*Sb* 120 (44)	? 164 (44)	*Bi* 208 (44)	? 252
VI		*O* 16 (16)	*S* 32 (47)	*Se* 79 (49)	*Te* 128 (41)	? 169 (43)	? 212 (45)	? 257
VII	*H* 1 (18)	*F* 19 (16,5)	*Cl* 35,5 (44,5)	*Br* 80 (47)	*J* 127 (44)	? 171 (44)	? 215 (44)	? 259
0	*He* 4 (16)	*Ne* 20 (20)	*A* 40 (43)	*Kr* 83 (48)	*Xe* 131 (44)	? 175 (45)	*Nt* 220 (43)	? 263
I	*Li* 7 (16)	*Na* 23 (16)	*K* 39 (46)	*Rb* 85 (48)	*Cs* 133 (44)	? 177 (46)	? 223 (44)	? 267
II	*Be* 9 (15)	*Mg* 24 (16)	*Co* 40 (47)	*Sr* 87 (50)	*Ba* 137 (44)	? 182 (44)	*Rd* 226 (45)	? 271

воздуха. Въ то время, какъ мы были заняты приготовленіемъ этихъ вѣсовъ, Г. Стибъ, мой бывшій воспитанникъ, сообщилъ намъ, что онъ работалъ надъ тѣмъ же вопросомъ, и любезно предоставилъ въ наше распоряженіе описаніе своихъ приспособленій, которыми мы отчасти и воспользовались.

При помощи этихъ вѣсовъ намъ удалось сдѣлать пять опредѣленій плотности эманаціи. Объемъ, которымъ мы располагали, никогда не превосходилъ 0,1 мм^3. Вычисленія наши основаны на добытыхъ уже нами данныхъ, что количество эманаціи въ радіоактивномъ равновѣсіи изъ 1 гр. радія равно 0,601 мм^3. Рутерфордъ и Дебьернъ получили приблизительно то-же число.

Мы ввели эманацію въ малую капиллярную трубку, которую запаяли и взвѣсили; отломавъ кончикъ трубки, мы опять положили ее на вѣсы и вполнѣ удалили изъ нея эманацію выкачиваніемъ воздуха изъ коробки вѣсовъ. Затѣмъ мы взвѣсили трубку, въ которой эманація была такимъ образомъ замѣщена воздухомъ при низкомъ давленіи. Введя необходимыя поправки на вѣсъ этого воздуха и на вѣсъ воздуха, вытѣсненнаго стекломъ трубки, и принявъ въ разсчетъ распаденіе эманаціи въ зависимости отъ ея возраста, мы пришли къ слѣдующимъ результатамъ:

	Объемъ эманаціи, взвѣшанной при 0° и 760 мм. въ тысячныхъ куб. мм.	Вѣсъ эманаціи въ тысячныхъ мгр.	Молекулярный вѣсъ.
I	72,8	722	222
II	58,5	564	216
III	58,5	577	227
IV	67,7	658	218
V	73,0	706	217
		Среднее	220.

Теперь нѣтъ никакого сомнѣнія, что эманація представляетъ слѣдующій за ксенономъ членъ серіи недѣятельныхъ газовъ. Интересно замѣтить, что элементы, атомный вѣсъ которыхъ лежитъ между 164 и 182, повидимому неустойчивы.

Нельзя тоже не признать правильности предсказанія Рутерфорда и Содди, что радій послѣ потери α-частички (тождество которой съ геліемъ было доказано Рамсеемъ и Содди) претерпитъ уменьшеніе своего атомнаго вѣса на че-

тыре единицы. Наиболѣе вѣроятная величина атомнаго вѣса эманаціи должна быть 222,5.

Выраженіе „эманація радія" весьма неудобно. Теперь нѣтъ сомнѣнія въ томъ, что это элементъ, характеризуемый точно такъ же, какъ и другіе, своимъ спектромъ, описаннымъ впервые Колли и Рамсеемъ и изслѣдованнымъ Уатсономъ подъ руководствомъ Рамсея; теперь мы опредѣлили ея атомный вѣсъ съ приблизительною точностью, превратили ее въ жидкость и измѣрили упругость ея пара. Элементъ этотъ принадлежитъ къ серіи недѣятельныхъ газовъ атмосферы и образуетъ даже нормальную составную часть атмосфернаго воздуха. Поэтому, чтобы разъ навсегда ввести его на законно принадлежащее ему мѣсто въ періодической системѣ, мы предлагаемъ назвать его Нитонъ, свѣтящійся, что указываетъ на его свойство фосфоресценціи, и что сокращенно можетъ быть обозначено символомъ *Nt*.

Библіографія.

2. *Проф. А. В. Клоссовскій. Основы метеорологіи.* Одесса, 1910 г. 525 стр. Ц. 4 р.

Общихъ курсовъ по метеорологіи у насъ почти нѣтъ. Учебники Мона, Броунова и Воейкова напечатаны давно, а посему въ нихъ нѣтъ того освѣщенія метеорологическихъ явленій, которое возможно лишь при пользованіи открытіями послѣдняго десятилѣтія. Въ этомъ смыслѣ „Основы" проф. А. В. Клоссовскаго являются крупнымъ вкладомъ въ русскую научную литературу. Курсъ этотъ распадается на три отдѣльныя части: 1) Статистическая метеорологія, 2) Динамическая метеорологія и 3) Электрометеорологія. Всѣ затронутые въ „Основахъ" вопросы разработаны просто, понятно, безъ высшей математики, причемъ приведены факты и наблюденія послѣднихъ лѣтъ, включая и 1909-й годъ. Когда при изложеніи явленія приходится основываться на выводахъ и опредѣленіяхъ механики, физики или астрономіи, то выводы и опредѣленія эти даются авторомъ тутъ же въ вполнѣ доступной формѣ. Двѣ сотни рисунковъ и пять таблицъ иллюстрируютъ эти книгу, изящно изданную издательствомъ „Матезисъ". Трудъ проф. Клоссовскаго долженъ

стать не только необходимымъ учебникомъ метеорологіи, но и любимой справочной книгой всякаго образованнаго человѣка. *О. Страусъ.*

3. *Гампсонъ-Шеферъ. Парадоксы природы.* Одесса 1910 г., 193 стр. 65 рис. Ц. 1 р. 20 к.

Книга Гампсона задумана очень остроумно. Въ началѣ кажется, что авторъ даетъ цѣлый рядъ интересныхъ парадоксовъ, касающихся явленій природы. Но при дальнѣйшемъ чтеніи оказываетси, что авторъ неправильно понимаетъ слово „парадоксъ“. Подъ флагомъ „парадокса“ Гампсонъ излагаетъ явленія испаренія, давленія пара, давленія атмосферы, сифонъ, насосъ, компасъ, психрометръ и др., забывая, что парадоксами называются такія положенія, которыя по своей формѣ кажутся какъ будто бы противорѣчащими здравому смыслу. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ авторъ впадаетъ въ совершенно ненужный наивный тонъ; такъ, напримѣръ, излагая теорію „бумеранга“, онъ, между прочимъ, говоритъ: „Если бы любители бумеранговъ получили разрѣшеніе пользоваться ими противъ всѣхъ автомобилистовъ, которыхъ поймаютъ въ то время, когда тѣ заставляютъ задыхаться ни въ чемъ неповинныхъ туристовъ отъ пыли и дыма, то этотъ родъ спорта оказался бы болѣе увлекающимъ и полезнымъ, чѣмъ многіе другіе виды его“. Въ другомъ мѣстѣ при описаніи анемометра мы находимъ слѣдующіе перлы: „Когда лысый господинъ, живущій на довольно значительномъ разстояніи отъ желѣзнодорожной станціи, въ холодное зимнее утро, разгорячившись послѣ затянувшагося завтрака, спѣшитъ къ станціи и находитъ, что необычайно точный поѣздъ уже отошелъ, такъ что ему приходится ждать слѣдующаго, то онъ нерѣдко при этомъ начинаетъ вытирать потъ. Въ короткій промежутокъ времени, между снятіемъ шляпы и выниманіемъ носового платка можно замѣтить столбъ паровъ, поднимающихся надъ его головой и сгущающихся, благодаря холодному воздуху“. Этихъ двухъ выдержекъ вполнѣ достаточно, чтобы охарактеризовать эту „парадоксальную“ книгу. *О. Страусъ.*



Dr. M. Planck.